AREA AMBIENTE, PARCHI, RISORSE IDRICHE
E TUTELA DELLA FAUNA
Servizio Risorse Energetiche

Corsi di formazione
sull'efficienza energetica e le fonti rinnovabili
per funzionari e tecnici delle Pubbliche Amministrazioni
novembre 2000 – Marzo 2001

MODULO II

Azioni di risparmio ed efficienza energetica

DISPENSA n. 1
Azioni di risparmio termico

con il contributo del Ministero Ambiente

INDICE

Premessa

Non da oggi si parla di risparmio energetico: il tema è emerso con estrema chiarezza agli inizi degli anni ’70, con lo shock petrolifero.
La questione nasceva dalla dipendenza di tutto il mondo da un’unica fonte energetica (il petrolio) soggetta ad interessi economici molto forti.
Negli anni ’70 parlare di risparmio significava rinuncia: “austerity”.

Dopo 30 anni, oggi buona parte dell’energia richiesta dipende ancora da fonti fossili (petrolio, metano) e dall’elettricità. Si pensi a quali vettori energetici vengono usualmente richiesti per esempio per il condizionamento invernale ed estivo degli ambienti, per i computer, per molti processi produttivi, ecc. L’elettricità è in buona parte fornita da fonti fossili e dal nucleare.
Il nucleare è stato scelto da diversi Paesi del mondo come alternativa al petrolio.
Le energie rinnovabili avevano senso se legate a grandi impianti (dighe per le centrali idroelettriche, sfruttamento del geotermico o del solare).

A partire dagli anni ’80 il tema energetico è stato strettamente vincolato a temi ambientali (effetto serra), di sicurezza e di autonomia-decentralizzazione del sistema energetico: riduzione della dipendenza da combustibili fossili (uso delle fonti rinnovabili: solare, idrico, eolico, biomassa) e uso efficiente delle fonti fossili (cogenerazione), dismissione del nucleare (pericolo di incidenti e problema delle scorie), aumento della disponibilità di impianti di produzione energetica di piccola taglia (impianti fotovoltaici e collettori solari per singoli edifici, impianti di mini-idraulica, micro-cogenerazione).

Dagli anni ’90 il tema energia ha visto in Italia da un lato il definire vincoli normativi e dichiarazioni programmatiche che integrano i temi discussi negli anni ’80 e dall’altro il tema della liberalizzazione del mercato energetico (privatizzazione e “globalizzazione”).

In questo quadro il discorso della pianificazione (o politica) energetica ha assunto un ruolo fondamentale, ad ogni livello (dalla nazione al singolo edificio). E soprattutto si è acquisito che pianificare non è solo pensare come produrre maggiore energia (offerta), ma anche come gestire i consumi (domanda).

Il tema energetico è complesso e richiede una pianificazione complessa dove le energie rinnovabili e il risparmio occupano un posto di rilievo (IRP = Integrated Resource Planning; DSM = Demand Side Management).

Rispetto agli anni ’70, “risparmiare” ha oggi acquistato una nuova valenza: non è una rinuncia, ma una possibilità; è una fonte di energia (si rende disponibile energia per altri utilizzi).
Come le altre fonti di energia, tuttavia, il “risparmio” partecipa alle leggi del mercato economico.
La liberalizzazione del mercato energetico, là dove è già in stato avanzato di implementazione (come in Germania e in Gran Bretagna), ha mostrato purtroppo che, con la generale riduzione dei prezzi dell’energia, il “risparmio” rischia fortemente di perdere di significato. Un prezzo basso dell’energia significa, infatti, non dare segnali espliciti al contenimento dei consumi[1]. Pertanto, le attuali tecnologie ad alta efficienza pur rimanendo economicamente accessibili, tendono ad essere viste come non indispensabili o non altamente raccomandabili.

[1] L’analogo si nota nella telefonia, dove le tariffe indipendenti dalla durata della telefonata sono un chiaro invito a telefonare “quanto si vuole”.

Nel “Green Paper” della Comunità Europea, pubblicato nel dicembre 2000, si considera come la liberalizzazione del mercato debba essere controbilanciata da azioni chiare di una politica energetica attenta alla gestione della domanda e quindi all’efficienza energetica. Nel documento si dichiara che tutte le nuove tecnologie (ad alta efficienza) dovranno avvantaggiarsi dell’appoggio comunitario. L’Unione Europea preferisce adattare il supporto alle nuove tecnologie sulla base delle richieste provenienti a livello locale, piuttosto che incentivare le tecnologie in sé.
Risulta, allora, un ruolo molto interessante che le singole amministrazioni possono acquisire rispetto a un quadro dove il mercato libero spinge verso l’uso di fonti energetiche e verso l’uso di tecnologie nei diversi usi finali non necessariamente attente all’ambiente.
Le amministrazioni hanno, su scala locale, un compito estremamente importante di informazione, decisionale/normativo e di promozione dell’uso efficiente dell’energia.
Illustreremo nel seguito quali strumenti sono già oggi a disposizione affinché le amministrazioni locali possano assolvere a questo compito.

Come visto nel Modulo I, ragionare di risparmio energetico elettrico o termico (a qualunque scala: dal Comune al singolo appartamento) si colloca nell’ambito di una pianificazione energetica e dunque in generale sarà preferibile seguire i seguenti passi:

1) stendere un bilancio energetico (quanto consumo, suddiviso per vettori energetici)
2) per i differenti vettori individuare gli usi finali
3) eseguire, dove possibile, un bilancio per usi finali: individuazione delle tecnologie e i comportamenti che portano a certi consumi per ogni uso finale
4) individuare gli usi finali che comportano i maggiori consumi e individuare le tecnologie e comportamenti che possono ridurre i consumi
5) valutare quanto si può risparmiare (potenziale di risparmio) e quanto costa risparmiare (fattibilità economica di interventi di risparmio)
6) valutare le azioni che vanno promosse affinché il potenziale si attivi, considerando obiettivi, tempistica ed eventuali ostacoli
7) realizzazione di interventi di risparmio
8) valutare l’effetto dell’azione (monitoraggio, non linearità delle risposte) rispetto agli obiettivi
9) iter del processo

Le valutazioni economiche di fattibilità delle varie soluzioni proposte per il risparmio vengono condotte essenzialmente utilizzando tre indicatori: il rapporto costi/benefici, il payback semplice e il costo dell’energia risparmiata. Il primo consiste nel rapporto tra il costo totale dell’investimento iniziale (in cui si tiene anche conto di eventuali interventi futuri attualizzati all’anno zero) e il risparmio energetico annuo; il secondo nel rapporto tra il costo totale dell’investimento iniziale (in cui si tiene anche conto di eventuali interventi futuri attualizzati all’anno zero) e il risparmio economico annuo: se il valore ottenuto è decisamente inferiore al tempo di vita dell’investimento, la fattibilità dell’intervento è garantita.
Il costo dell’energia risparmiata (CER) è dato dalla seguente formula:

$$\text{CER} = \frac{(\text{investimento iniziale}) \times \text{CRF} + \text{costo annuo di G\&M}}{\text{risparmio di energia annuo}}$$

dove $$\text{CRF} = \frac{I}{1 - (1+I)^{-n}}$$

(CRF = Capital Recovery Factor; I = tasso di interesse o di sconto; n = anni di vita dell'intervento)

L'investimento capitale iniziale può essere costituito dal costo pieno di una misura di risparmio o dal suo extracosto rispetto ad un dispositivo di efficienza media.
Il fattore di recupero del capitale ripartisce l'investimento capitale iniziale in un numero di anni *n* pari al tempo di vita del dispositivo ad alta efficienza in questione, tenendo conto del tasso di interesse.
I costi annuali di G&M -*gestione e manutenzione*- (spese di personale, materiali, ecc.) generalmente cambiano con l'introduzione del dispositivo ad alta efficienza. In esse inseriremo anche le eventuali riduzioni di costi fissi relativi alla potenza impegnata nella fornitura elettrica: per es. una CFL che sostituisce una lampada ad incandescenza comporta una riduzione sia dei costi di manutenzione (maggiore durata della lampada) sia della potenza (può dunque comportare una riduzione della potenza impegnata). La somma delle spese annue di G&M e della quota annua di recupero del capitale costituisce la spesa totale annua. Dividendola per il risparmio di energia relativo ad un anno si ottiene il costo dell'unità di energia risparmiata.
L'indicatore costo dell'energia risparmiata è espresso nelle stesse unità di un prezzo o costo dell'energia (£/kWh o £/MJ) e quindi consente di definire in modo semplice e diretto la convenienza o meno di un intervento per il risparmio energetico:

> se il CER risulta minore del costo dell'unità di energia termica (CET) fornita dall'attuale sistema di riscaldamento, l'intervento è economicamente conveniente.

In questo caso si ha, infatti, che l'unità di energia termica risparmiata a seguito dell'intervento costa meno di quella che viene prodotta con il sistema attuale per soddisfare le richieste dell'edificio nello stato attuale.
Ad un CER inferiore corrisponde un tempo di ritorno del capitale investito (in termini di mancata spesa per consumo risparmiato di combustibile) inferiore.

1. Gli usi finali termici

I consumi energetici termici per scopi civili corrispondono a circa il 35 – 40% dei consumi totali di un comune tipico dell'Italia Settentrionale. Il risparmio energetico per il riscaldamento degli edifici risulta quindi essere una delle azioni più importanti per raggiungere gli obiettivi definiti nelle recenti risoluzioni internazionali (Kyoto, Rio ecc..).
Gli obiettivi legati ad un uso razionale dell'energia devono portare al massimo risparmio, ai minori costi possibili di investimento, gestione e manutenzione. Essi devono considerare interventi di contenimento dei consumi sul patrimonio edilizio esistente e prevedere migliori criteri di progettazione nelle nuove costruzioni, che siano in grado di ottimizzare le relazioni energetiche con l'ambiente naturale circostante secondo i principi dell'architettura bioclimatica.
L'architettura bioclimatica è quella che sfrutta le brezze estive per raffrescare e ventilare gli ambienti interni, quella che si apre al sole in inverno e si chiude in estate. In questa architettura le superfici vetrate si orientano verso sud e si schermano durante la notte per evitare le fughe di calore. La forma dell'edificio e le sue aperture si adeguano in modo da difendersi dal freddo e dai venti invernali. L'edificio si adatta alle caratteristiche dell'ambiente circostante (vegetazione, rilievi, edifici esistenti, ecc.) per ottenere il maggior vantaggio dal punto di vista termico e luminoso, e sfrutta lo stesso "intorno" per migliorare le proprie condizioni di comfort.
E' sufficiente un veloce sguardo alle strategie architettoniche popolari applicate nel passato per renderci conto che i principi bioclimatici non sono affatto nuovi. Infatti, davanti alla scarsità di risorse energetiche e alla limitazione tecnologica, l'unico modo in cui l'uomo poteva proteggersi dalle condizioni climatiche avverse era attraverso l'architettura stessa. Ma purtroppo, dopo la scoperta dell'energia elettrica, tutti questi principi sono andati perduti.
Per citare solo alcuni esempi italiani antichi: nella Villa di Adriano a Tivoli, i cortili e le stanze venivano orientati a seconda delle diverse esigenze termiche estive e invernali, nelle ville di Costozza in Veneto, costruite a partire del 1550, un interessantissimo sistema di raffrescamento sfrutta l'aria fredda proveniente da grandi cavità sotterranei ("covoli") situate all'interno delle colline in cui sorgono le Ville; il noto "trullo pugliese" sfrutta la capacità termica dei materiali dell'involucro edilizio per mantenere quasi costante la temperatura interna.
Ora però tutto è cambiato. Il problema energetico ci influenza solo in modo relativo e le risorse tecnologiche costruttive sono numerose e diverse. Oggi sono i problemi legati soprattutto all'inquinamento ambientale quelli che ci costringono a ripensare il modo in cui usiamo le risorse energetiche. Basta pensare che attualmente il 22% delle emissioni di CO_2 della Unione Europea è legato al settore edilizio; inferiore è la produzione di emissioni dell'intero settore industriale. Dobbiamo quindi affrontare la situazione sotto un'ottica diversa, cercando di offrire buoni livelli di comfort ambientale ma allo stesso tempo minimizzando l'uso delle risorse energetiche inquinanti e aumentando l'uso di fonti energetiche rinnovabili pulite, come l'energia solare.
Condotti d'aria sotterranei per climatizzare l'aria, superfici vetrate o serre rivolte a sud per intrappolare il calore in inverno, materiali trasparenti innovativi per "selezionare" la radiazione solare ed aumentare l'uso dell'illuminazione naturale negli ambienti interni, camini solari per aumentare la ventilazione naturale, uso di pannelli fotovoltaici per produrre elettricità ed uso di pannelli solari per produrre l'acqua calda, sono solo alcune delle strategie progettuali che possono essere applicate per diminuire i nostri consumi energetici, ma soprattutto migliorare la nostra qualità di vita.
Ecco alcuni esempi significativi di architettura bioclimatica contemporanea: il padiglione inglese della Expo '92 di Siviglia, in Spagna, progettato dall'architetto Sir Nicholas Grimshaw dove ogni facciata è stata studiata a seconda dell'orientamento: elementi di ombreggiamento a strati a sud, superfici bagnate dall'acqua per rinfrescare l'ambiente circostante ad est, elementi fotovoltaici per la produzione di energia elettrica sono solo alcune delle strategie utilizzate in questo curioso edificio. Un altro esempio, un edificio per uffici a Lubeck, in Germania, progettato dagli architetti tedeschi

Behnish & Behnish, dove una grande serra come hall d'ingresso riscalda gli uffici in inverno mentre in estate viene rinfrescata da una accurata ventilazione naturale, che conta tra l'altro anche con una originalissima "fontana di aria fredda" che espelle l'aria proveniente dal sottosuolo e che aumenta la sua efficacia tramite un alto camino solare che ha anche il compito di mantenere sotto pressione la hall. Infissi non più in alluminio (fonte esauribile e di lavorazione energivora) e fissi, bensì in legno (materiale totalmente rinnovabile e di più semplice ed economica lavorazione) e apribili per permettere all'utente di regolare il proprio microclima interno senza consumare energia per gli impianti di climatizzazione. Anche l'architetto Richard Rogers, nel complesso edilizio da lui progettato a Berlino a Postdamer Platz, e attualmente in costruzione, sfrutta i flussi d'aria naturale all'interno dell'atrio per migliorare le condizioni di comfort interne, elementi di ombreggiamento e mensole riflettenti per assicurare il comfort visivo.
Ci sono anche gli insediamenti bioclimatici, spesso chiamati *eco-villaggi,* e cioè, interi quartieri che vengono progettati in modo da assicurare il comfort non solo all'interno degli edifici, ma anche all'interno dell'intero quartiere; al riguardo si realizzano studi accurati delle ombre portate dagli stessi edifici e dai venti invernali e brezze estive, sfruttando la vegetazione come elemento moderatore del microclima e dei rumori ed anche per il miglioramento della qualità dell'aria e, quindi, una maggiore qualità ambientale urbana.

In questo contesto, la normativa italiana vigente e le più recenti emanazioni (la legge 10/91, i successivi decreti di attuazione, in particolare il D.P.R. 412/93 e l'aggiornamento - D.P.R. 551/99 - vedi allegato), hanno trasformato i più recenti criteri tecnici per l'uso razionale dell'energia in disposizioni alle quali tutti devono attenersi in ogni caso nell'eventualità di ristrutturazioni o installazioni ex-novo, definendo anche possibilità di agevolazioni ed incentivi nel caso di interventi mirati.
A questo proposito vale la pena di ricordare che i benefici previsti all'art.1 della legge n.449 del 27 dicembre 1997 (che contiene misure per la stabilizzazione della finanza pubblica), prorogati dalla legge finanziaria del 1999, possono essere considerati come diretta continuazione delle agevolazioni contemplate nella legge 10/1991. In particolare l'IVA sulle prestazioni relative agli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria si riduce dal 20 al 10 per cento per i fabbricati destinati prevalentemente ad uso abitativo privato e sono previste agevolazioni tributarie per gli interventi effettuati sulle singole unità immobiliari residenziali di qualsiasi categoria catastale[2], anche rurali, mirati al conseguimento del risparmio energetico e all'adozione di impianti basati sull'impiego di fonti rinnovabili di energia. A decorrere dal 1 gennaio 2000 è prevista infatti, un'agevolazione del 36% della spesa sostenuta, in termini di detrazione di tale quota ai fini dell'IRPEF[3].

Si tratta di una grande campagna di incentivi volta a favorire, per così dire, la rottamazione della vecchia casa e dei vecchi impianti.
In particolare, fra le tipologie di intervento ammesse, rientrano:

- La manutenzione ordinaria solo per le parti comuni degli edifici condominiali;
- La manutenzione straordinaria
- La ristrutturazione edilizia
- Gli interventi di risanamento acustico
- La messa a norma degli impianti elettrici e di quelli a metano

[2] Sia unità immobiliari accatastate come abitazioni, anche se dotate di caratteristiche di lusso, sia unità immobiliari non accatastate come abitazioni, che tuttavia sono utilizzate con finalità residenziali.
[3] I riferimenti normativi a tale proposito sono:
- D.M. 18/02/98, n°41 – GURI 60 13/03/98
- Circolare n°57/E 2/98 dei Ministeri delle Finanze e Lavori Pubblici
- Decreto dirigenziale del marzo 1998 di approvazione del Modulo per la richiesta di ammissione alla detrazione
- Circolare dei Ministeri Finanze e Lavori Pubblici n° 121/E maggio 1998

- Interventi finalizzati al conseguimento di risparmi energetici e all’installazione di impianti per lo sfruttamento delle fonti rinnovabili.

Le diverse tipologie di lavori previsti dalla legge 449 e la sovrapposizione di questa legge ad altre e relativi regolamenti d’attuazione, fanno sì che sia difficile individuare quali interventi, di quelli illustrati nei paragrafi precedenti, non possano godere della detrazione IRPEF.
In particolare, a proposito delle opere previste nell’ultimo punto della lista precedente, la circolare ministeriale 57/E fa espresso riferimento alla legge 10/91 che, come noto, è la legge guida per quanto riguarda il risparmio energetico e lo sfruttamento delle fonti rinnovabili.
Ci si accorge così che proprio tali interventi negli edifici adibiti a civile abitazione, sarebbero comunque ammissibili al beneficio fiscale del 36%, in quanto a tutti gli effetti, assimilati, dall’art.26 di tale legge, agli interventi di manutenzione straordinaria.
Lo sgravio, per gli interventi in campo energetico, è ammesso anche in assenza di opere edili propriamente dette (ad esempio installazione di collettori solari). In tal caso basterà acquisire idonea documentazione (ad esempio scheda tecnica del costruttore) che attesti il conseguimento dell’obiettivo di risparmio.
Tra i principali interventi ammissibili in questo ambito alla detrazione del 36% vi sono:

- Opere di coibentazione dell’involucro edilizio
- Opere di coibentazione di reti di distribuzione di fluidi termovettori
- Impianti di climatizzazione e/o produzione di acqua calda utilizzanti pannelli solari
- Generatori di calore che, in condizioni di regime, presentino un rendimento non inferiore al 90%
- Apparecchiature di regolazione automatica della temperatura ambiente, purché, nel caso di una unità immobiliare multipla, applicati almeno al 70% degli ambienti costituenti
- Apparecchiature di contabilizzazione individuale dell’energia termica
- Sostituzione di scalda acqua elettrici con scalda acqua alimentati a combustibile

L’obiettivo dell’analisi di seguito riportato è quello di fornire un’analisi delle “opportunità di risparmio energetico” legate alla produzione e distribuzione di energia termica per il riscaldamento ambientale. Tali opportunità verranno esaminate sia in termini di contenimento della domanda (interventi sull’edificio e sulle modalità di gestione del sistema edificio-impianto) che in termini di miglioramento dei processi di conversione e distribuzione dell’energia (azione sui sistemi di produzione e distribuzione).

1.1 L'involucro edilizio

La maggior parte degli edifici esistenti sono caratterizzati da elevati consumi termici, sia a causa delle dispersioni di calore per trasmissione attraverso le pareti, i tetti, il pavimento e le finestre sia per le perdite di calore per ventilazione attraverso le fessure dell'involucro. Le azioni rivolte al miglioramento dell'aspetto energetico dell'edificio sono quindi prevalentemente legate alla riduzione delle dispersioni termiche tramite isolamento termico e tramite aperture finestrate più resistenti al passaggio del calore. Un attento rinnovo della facciata di un edificio comporta una riduzione della trasmittanza (o "U – value" indica la potenza termica trasmessa attraverso una parete per unità di superficie) della parete e le perdite dovute alla ventilazione possono essere minimizzate, migliorando inoltre la qualità dell'aria all'interno.
Un alloggio ben isolato è più confortevole in ogni stagione e consente oltre a considerevoli risparmi di energia per il riscaldamento invernale, anche riduzione dei consumi per il condizionamento nella stagione estiva. La coibentazione, infatti, ci aiuterà nelle giornate estive, a tenere fuori il caldo e a trattenere all'interno il fresco eventualmente prodotto dal nostro impianto di raffrescamento.
Uno dei motivi che in genere frena dall'intervenire sull'isolamento dell'edificio è l'idea, in genere errata, di un costo proibitivo dell'intervento di coibentazione anche se riconosciamo che, nel lungo periodo, questo ci ripaga certamente.
E' bene ricordare che non è detto si debba intervenire sempre ed in modo indiscriminato su tutto l'edificio,. A seconda dei casi potremo limitare l'intervento alle pareti e magari a quelle esposte a Nord, se il problema maggiore fosse rappresentato dal freddo, o a quelle soggette a maggiore insolazione se i problemi principali sono di surriscaldamento estivo.
Se infine il nostro edificio avesse bisogno di un rifacimento della facciata o anche solo di una semplice ritinteggiatura, allora è quasi certamente opportuno intervenire migliorando anche l'isolamento con un "cappotto" di intonaco isolante.

La valutazione della convenienza economica a realizzare un'opportunità di risparmio energetico riguardante il maggiore isolamento dell'involucro edilizio si basa su una analisi dettagliata dell'edificio, delle sue caratteristiche geometriche, dei componenti impiegati e delle caratteristiche epocali e consiste in:

1. catalogazione delle ipotesi di intervento riferite alle singole tecnologie costruttive;

2. individuazione tecnologica e catalogazione dei materiali isolanti impiegabili per ogni ipotesi di intervento;

3. identificazione delle caratteristiche termofisiche dei materiali impiegabili e loro costo;

4. calcolo del costo dell'energia risparmiata, CER per ogni ipotesi di intervento.

La definizione delle ipotesi di intervento possibili per singola tecnologia costruttiva utilizzata nel fabbricato e più ancora l'individuazione dell'isolante più adeguato, relativamente al suo impiego tecnologico, sono elementi cruciali per la realizzabilità dell'ipotesi di intervento. Le varie ipotesi interventuali infatti non possono essere considerate esclusivamente in termini di rapporti costi/benefici, ma devono essere ragionate in un'ottica estesa all'intero edificio e alle sue caratteristiche. Ad esempio in presenza di un intervento di manutenzione straordinaria quale il rifacimento degli intonaci in facciata si è portati a considerare l'opportunità di porre dell'isolante all'esterno sotto il nuovo intonaco: i costi sono sicuramente marginali rispetto ad una posa in opera ad hoc (il cantiere e il ponteggio sono pagati dalla manutenzione straordinaria della facciata). Tale

intervento però è impensabile se la facciata del fabbricato è architettonicamente importante anche se non sottoposta a vincoli: il maggiore spessore dell'isolante sotto l'intonaco porterebbe a ricoprire parte dei fregi e delle cornici, ecc. Tali considerazioni portano ad esempio ad escludere a priori dall'analisi l'isolamento a cappotto per gli edifici anteriori al 1919.
Nell'analisi degli interventi di risparmio energetico riguardo a materiali, manufatti e sistemi a nell'attuazione pratica dovranno essere condotte delle verifiche circa il loro stato di vetustà e di obsolescenza, per stabilire se siano convenienti o meno interventi che non possono prescindere dalla rimozione e dalla sostituzione dei medesimi. E' il caso, ad esempio, di una copertura inclinata in legno, per la quale è previsto l'isolamento all'intradosso, ma per la stessa in presenza di una struttura e copertura del tetto obsolescenti potrà risultare opportuno combinare un intervento di isolamento in intradosso con una ricorsa completa del tetto piuttosto che operare l'intervento previsto, previo consolidamento della struttura.
Inoltre un certo numero di interventi possono essere presi in considerazione solo in combinazione con interventi di manutenzione straordinaria (ad esempio l'isolamento a cappotto), considerando completamente caricati su di questi i costi delle infrastrutture necessarie (ad esempio i costi fissi di cantiere e ponteggio). Va sottolineato il fatto che il costo connesso alle operazioni aggiuntive indotte dal disagio provocato per la realizzazione dell'intervento, non sempre sono quantificabili e facilmente prevedibili.
Si consideri, per esempio, il caso dell'isolamento di una muratura a cassa vuota ottenibile mediante insufflaggio di materiale o in alternativa con l'applicazione di un cappotto interno. Soltanto una circostanziata analisi del caso specifico potrà stabilire quale intervento prediligere e quale sarà il costo effettivamente pagato alla fine dei lavori. Infatti se, ad esempio nel caso di insufflaggio (realizzato dall'interno), gli inquilini pretendono di essere alloggiati in albergo durante l'esecuzione dei lavori e di avere corrisposto un compenso economico per il disagio, i costi di tale operazione lievitano enormemente rendendo competitivo l'isolamento a cappotto.
Il costo dell'energia risparmiata, nel caso di opportunità di risparmio energetico relative all'incremento di isolamento dell'involucro edilizio e consistentemente con il metodo utilizzato per li calcolo del fabbisogno energetico, può essere riscritto come segue:

$$\text{CER} = \frac{(\text{investimento iniziale}) \times \text{CRF} + \text{costo annuo di G\&M}}{\text{risparmio di energia annuo}}$$

dove il risparmio di energia annuo è dato dalla relazione:

REA= *kA*DU*GG**

dove *k* è una costante dimensionale pari a 0.024 se il CER è espresso in L./kWh, A l'area delle superfici disperdenti isolate, DU la riduzione di trasmittanza per un intervento di isolamento dell'involucro, GG i gradi giorno del sito in esame.
In generale, nel caso di interventi sull'involucro edilizio, si ha che i costi di mano d'opera e accessori siano dominanti rispetto ai costi dell'isolante.
Nell'ipotesi di ritenere trascurabili i costi annui di gestione e manutenzione (negli interventi di riqualificazione edilizia sono inesistenti o di piccola entità, segue quindi l'indicazione che per ottenere bassi valori del costo dell'energia risparmiata il criterio ispiratore non deve essere quello di scegliere i materiali e gli spessori di costo inferiore (criterio di costo iniziale minimo), ma quello di massimizzare la riduzione di trasmittanza, utilizzando materiali caratterizzati da più alte prestazioni dal punto di vista termico, il cui maggior costo, essendo marginale, viene presto ammortizzato della successiva economia di servizio.
.

Per i nuovi edifici le prestazioni energetiche, in termini di massimo fabbisogno stagionale, sono definite dalla legge n. 10 del 1991. Tuttavia una attenta progettazione consente di ottenere fabbisogni ancora più bassi con conseguenti risparmi energetici ed economici non trascurabili.
Nel seguito verranno descritte alcune possibili azioni di isolamento termico per la ristrutturazione del parco edilizio esistente. Ovviamente, le azioni proposte, sono valide anche per i nuovi edifici dove tuttavia i diversi standard costruttivi di base possono comportare differenze nei costi addizionali.

Interventi di risparmio sull'involucro edilizio degli edifici civili.

Azioni sull'edificio	
Azioni sull'involucro	Energia solare passiva
- muri - serramenti - tetto - pavimenti	

1.1.1 Isolamento delle pareti esterne.

Di seguito vengono illustrati i principali punti su cui agire ed alcune delle principali tecniche di isolamento. L'isolamento dei muri di un edificio può essere realizzato dall'esterno, dall'interno o nell'intercapedine. Tutti e tre i sistemi presentano diversi vantaggi: la scelta dell'intervento da adottare dipende da diversi fattori come il tipo di edificio, le sue caratteristiche costruttive, l'eventuale stato di degrado e chiaramente dalla somma di denaro disponibile per la realizzazione.

1. Isolamento dall'esterno (sistema a cappotto). E' senza dubbio la soluzione più efficace per isolare bene un edificio. In particolare è molto conveniente quando è comunque previsto un rifacimento della facciata, non altera i volumi interni degli ambienti e richiede comunque l'intervento di imprese specializzate.

2. Isolamento dall'interno. E' un metodo non eccessivamente costoso che può essere realizzato anche "in fai da te". Consente un isolamento selettivo, effettuato, ad esempio solo negli ambienti più freddi o più abitati durante il giorno e/o nelle camere da letto. Provoca però una leggera diminuzione dello spazio abitabile.

3. Isolamento dell'intercapedine. Quando la parete contiene un'intercapedine è possibile riempirla con opportuni materiali isolanti. La spesa è in genere modesta e l'intervento risulta molto conveniente.

Alcuni esempi di sistemi per l'isolamento termico delle pareti perimetrali sono riportati nella tabella. Per diverse strutture si riportano i valori della trasmittanza e il costo addizionale rispetto ad una struttura standard (numero 1).

No.	STRUTTURA DELLA PARETE (DALL'ESTERNO ALL'INTERNO)	**Spessore dell'isolante**	**U - value**	**Dettagli strutturali**	**Costi addizionali per m²**
		cm	**W/m²K**		**£./m²**
1.	**Parete standard**: intonaco - 30 cm mattoni forati – gesso	-	1.5		-
2.	**Isolamento esterno**: intonaco – lana minerale - mattoni - gesso	10	0.31	Accurata applicazione alle finestre e ai ponti termici	90.000
3.	**Doppia facciata**: rivestimento – intercapedine d'aria – lana minerale – mattoni forati porosi - gesso	12	0.26	Standard BE solo per i nuovi edifici	125.000 - 175.000
4.	**Isolamento interno:** intonaco - mattoni - PS hard foam - truciolato + barriera di vapore	6	0.46	La barriera di vapore è necessaria solo per quegli edifici dove non è possibile l'isolamento esterno	80.000

Esempi di struttura per muri perimetrali

1.1.2 Isolamento delle coperture.

Tra tutte le superfici esterne di un edificio spesso il tetto è l'elemento più permeabile al calore. Isolarlo in genere non è difficile e nella maggior parte dei casi relativamente poco costoso**.**
La convenienza dell'intervento aumenta quando si deve, comunque, intervenire sulla copertura perché degradata da muffe o soggetta ad infiltrazioni d'acqua piovana. Se la copertura non è mai stata isolata è consigliabile, in ogni caso, intervenire immediatamente.
Se l'isolamento ha più di 10 anni è consigliabile verificare che lo strato di isolante sia perfettamente asciutto, non lacerato, copra tutta la superficie del tetto e conservi lo spessore iniziale.
In caso contrario è meglio provvedere ad un nuovo isolamento.
A questo proposito la presenza di muffa è sicuramente sintomo di insufficiente isolamento.
Anche nel caso di appartamenti sopra porticati è opportuno procedere all'isolamento del pavimento. La cosa vale anche per le cantine o i garages che ricevono inutilmente calore dai locali superiori abitati. In questi casi è possibile e più comodo isolare il soffitto dei locali non riscaldati o di porticati.

1. Isolamento della copertura piana. E' un intervento estremamente delicato perché necessita di un'accurata impermeabilizzazione e, se il tetto è praticabile, di una adeguata pavimentazione. In molti casi può risultare conveniente la controsoffittatura.

2. Isolamento del sottotetto non praticabile. Conviene posare e distribuire l'isolante sul pavimento del sottotetto. E' l'intervento meno costoso e di più semplice realizzazione che rende possibile anche "il fai da te". Si può procedere, ad esempio, posando dei materassini isolanti dello spessore di 8-10 cm o anche versando 10 cm di isolante sciolto. Isolare la parte inclinata

porterebbe solo a riscaldare inutilmente il volume del sottotetto con il calore che sale dagli ambienti sottostanti.

3. Isolante del sottotetto praticabile. Si deve porre l’isolante parallelamente alla eventuale pendenza del tetto. Si può realizzare, ad esempio, fissando materassini, pannelli o lastre d’isolante alle assi o fra le travi del tetto, prestando attenzione alla presenza o alla posa della barriera al vapore o all’eventuale creazione di un’intercapedine che consenta l’areazione del vapore.

4. Soffitto ultimo piano. E’ un intervento di facile attuazione che, generalmente, non richiede decisioni condominiali. Si deve posare l’isolante sul soffitto dell’ambiente dell’ultimo piano.

La tabella seguente mostra le azioni indicate per i tre tipi di copertura più comune, l’incremento della trasmittanza e il costo aggiuntivo.

No.	**Tipo di tetto**	**Trasmittanza**	**Interventi di isolamento**	**Trasmittanza**	**Costi addizionali**
		W/m^{2}K		**W/m^{2}K**	**L. / m^2**
1.	Tetto inclinato con pannelli di legno interni	1.85	Isolamento aggiuntivo tra le tegole 10 cm	0.33	60.000
2.	Soffitto di cemento sotto un solaio non abitato	2.04	Isolamento aggiuntivo sulla superficie superiore del soffitto (14 cm)	0.25	30.000
3.	Tetto piano in cemento con insufficiente isolamento	0.78	Isolamento aggiuntivo sulla superficie superiore del tetto (14 cm)	0.23	100.000

Isolamento termico per differenti tipi di copertura.

La riduzione delle dispersioni termiche verso zone non riscaldate (cantina, garage, ecc.) può essere facilmente realizzata tramite l’applicazione di uno strato di isolante al di sotto del pavimento. Per le strutture direttamente a contatto con il terreno , l’isolamento viene applicato al di sopra.

No.	**Descrizione**	**Trasmittanza**	**Interventi di isolamento**	**Trasmittanza**	**Costi addizionali**
		W/m^{2}K		**W/m^{2}K**	**L. / m^2**
1.	Basamento in cemento verso locali non riscaldati	1.39	Isolamento aggiuntivo sotto lo strato di cemento, 7 cm	0.43	100.000
2.	Basamento in cemento verso il terreno	2.00	Isolamento sulla superficie superiore del pavimento (8 cm)	0.43	100.000

Isolamento termico dei pavimenti

1.1.3 Riduzione delle dispersioni attraverso le finestre.

Anche se sono stati effettuati interventi di coibentazione delle parti murarie dell'edificio, nella stagione invernale il calore può continuare ad uscire dalle finestre attraverso vetri e cassonetti e l'aria fredda entrare attraverso le fessure. In estate, viceversa, il problema maggiore può essere dato dal calore dei raggi solari che, penetrato attraverso i vetri, viene assorbito e intrappolato all'interno della casa dai vetri stessi che impediscono ai raggi infrarossi più caldi di uscire[4].
Risulta allora importante migliorare la tenuta all'aria dei serramenti e ridurre le dispersioni o i rientri di calore attraverso i vetri ed il cassonetto: ma migliorare i serramenti non deve significare sigillare la casa. Una eccessiva impermeabilità all'aria favorisce il cosiddetto "inquinamento indoor"; non permette infatti, di smaltire il pulviscolo ed i gas nocivi emessi dalle strutture e da tutto ciò che è presente all'interno degli ambienti e può creare problemi di condense e muffe che non si presentano quando invece il ricambio d'aria è adeguato.
Gli interventi in genere hanno un'ottima convenienza ed alcuni possono essere realizzati in "fai da te", senza l'intervento di personale specializzato e quindi spese aggiuntive.

1. Eliminazione delle infiltrazioni. Per eliminare o almeno limitare le infiltrazioni d'aria dei serramenti si può installare o sostituire guarnizioni di gomma o alluminio e rifinire con il silicone. Nella maggior parte dei casi si tratta di un intervento di semplice realizzazione e dal sicuro ritorno economico. Il costo di tali interventi può variare dalle 10.000 alle 14.000 lire/mq di infisso con un risparmio energetico pari al 10-15%.

2. Isolamento delle superfici vetrate. Nel caso in cui le finestre fornite di un solo vetro possiamo
   - Inserire un altro vetro sul medesimo infisso, ottenendo così un doppio vetro
   - Aggiungere un secondo serramento davanti o dietro al vecchio
   - Sostituire il serramento con un altro già predisposto con vetrocamera.

   Le ultime due soluzioni sono piuttosto costose. Per i nuovi serramenti potremo usare il legno o nel caso infissi di alluminio, potremo scegliere profilati "con taglio termico" o "in legno-alluminio" che garantiscono un maggiore grado di isolamento. Per i vetri possiamo utilizzare il vetrocamera di uso comune o quello basso-emissivo.

3. Controllo delle infiltrazioni e dispersioni dal cassonetto. Il cassonetto è uno dei punti di notevole dispersione perché di solito non è isolato e non è a tenuta. Poiché isolarlo è un intervento piuttosto semplice e poco costoso, laddove c'è lo spazio sufficiente per applicare l'isolante (almeno 2 cm), è sicuramente conveniente intervenire. Coglieremo l'occasione per migliorare pure la tenuta del cassonetto. Per assicurarci il necessario ricambio di aria, ricordiamoci che è possibile fare realizzare, sui vecchi cassonetti, delle piccole aperture che permettono di regolare l'afflusso (i normali cassonetti ne sono ormai comunemente dotati).
   Il costo di tale intervento si aggira intorno alle 20.000 lire/mq, con un risparmio energetico del 5-10%.

Le attuali finestre standard per gli edifici residenziali sono a vetro singolo con telaio in metallo o legno negli edifici più vecchi, e a doppio vetro con telaio in metallo o legno per gli edifici più recenti (dopo 1985). La tabella seguente riporta le caratteristiche dei diversi tipi di finestra e mostra il costo addizionale rispetto al vetro singolo.

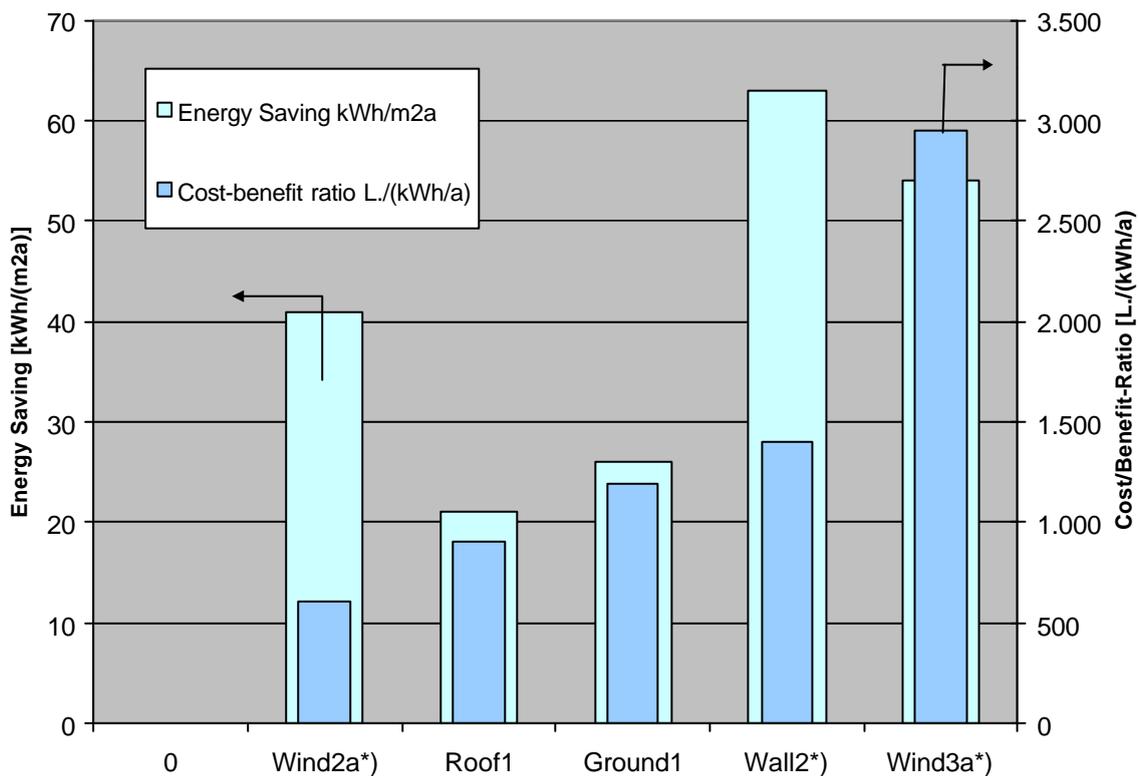
[4] E' lo stesso effetto di intrappolamento dei raggi infrarossi che fa arroventare le macchine lasciate al sole o che, nei collettori solari, viene sfruttato per riscaldare l'acqua.

No.	Vetro	Trasmittanza del vetro	Telaio	Trasmittanza globale	Costi addizionali rispetto alla finestra standard
		W/m²*K		W/m²*K	L./m²
1.	Singolo	5.8	Legno o metallo	5.2	-
2a.	Doppio isolamento (10-16 mm gap)	3.0	legno	2.6	102.000
2b	Doppio isolamento (10-16 mm gap)	3.0	metallo	3.8	102.000
3a.	Doppio vetro con rivestimento BE	1.3	Legno o plastica	1.4	650.000
3b.	Doppio vetro con rivestimento BE	1.3	Metallo isolato	1.7	650.000

*)BE = Basso emissivi

Esempi di differenti aperture finestrate.

1.1.4 Confronto fra le diverse azioni descritte

A titolo di esempio è stato calcolato il rapporto costi/benefici per un edificio multifamigliare di dieci piani (volume lordo di 3.500 m³ circa). Il grafico seguente mostra le diverse azioni.

Risparmio energetico e rapposrto costi/benefici per un edificio residenziale tipo.

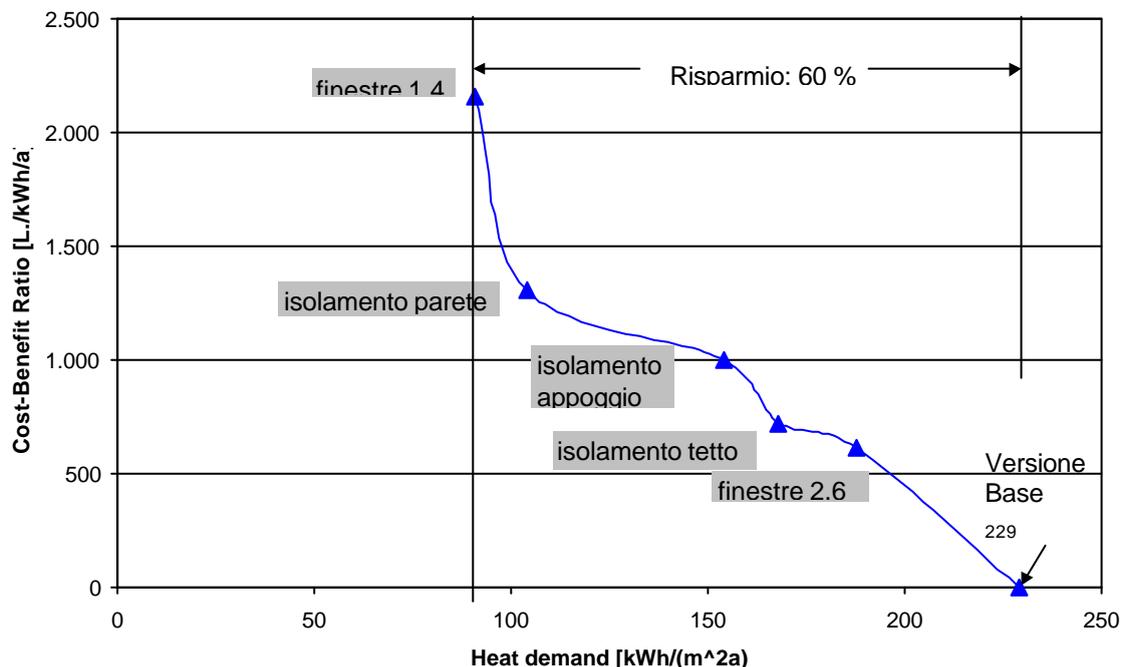
NB: I prezzi indicati nel grafico precedente sono riferiti al costo di un kWh risparmiato su base temporale di un anno. Questo non vuole dire che ogni anno si devono spendere quei soldi, ma tale valore va diviso per l'intero tempo di vita dell'azione. Quindi ad esempio se all'azione "wind 2a" corrisponde un costo di poco più di 500 L/(kWh/a) e si ipotizza un tempo di vita di 15 anni, vuol dire che il kWh risparmiato ogni anno costa circa 35 lire contro le 100 – 150 lire del kWh termico da metano o da gasolio.

Il risparmio energetico e i costi per diverse combinazioni di azioni sono stati confrontati con la domanda termica di un edificio con isolamento standard definito, nell grafico precedente e nella tabella successiva, con l'azione "0".

No.	Trasmittanza				Fabbisogno termico		Costi addizionali
					Totale	Risparmio	
	W/m^2K	W/m^2K	W/m^2K	W/m^2K	kWh/m^2a	%	£./m^2
	Serramenti	Pareti	Tetto	Pavimento			
0.	5.2	1.5	1.85	1.39	229*)	-	-
1	2.6	"	"	"	188**)	17,9	25.000
2.	2.6	"	0.33	"	168**)	26,6	44.000
3.	2.6	"	0.33	0.43	154**)	32,8	75.000
4.	2,6	0.31	0.33	0.43	104**)	54,6	163.000
5.	1.4	0.31	0.33	0.43	91**)	60,3	297.000

*) numero ricambi orari n = 1,0 1/h, **) n = 0,8 1/h

Tabella 5: Risparmio energetico e costi addizionali per diverse combinazioni di azioni.

L'installazione di doppi vetri e l'isolamento del tetto e del pavimento sono azioni che risultano economicamente vantaggiose (Payback time inferiore al tempo di vita medio) anche agli attuali bassi prezzi dei combustibili fossili, mentre le azioni di isolamento delle pareti perimetrali e l'installazione di finestre BE attualmente non sembrano ripagarsi. Il grafico seguente descrive tale concetto.

Rapporto costi benefici in funzione della domanda termica.

1.1.5 Solare termico passivo

Si chiamano sistemi solari passivi quelli che, attraverso una struttura edilizia, usano l’energia solare per il riscaldamento di ambienti. I sistemi solari passivi si distinguono da quelli attivi per due motivi:

- Vengono sempre integrati nella struttura edilizia (mentre i sistemi attivi o sono aggiuntivi o, comunque, hanno un grado di integrazione minore rispetto a quelli passivi).
- Per la maggior parte dei sistemi passivi non occorre l'uso di energia meccanica per il loro funzionamento. L'energia solare viene captata, come deriva dalla definizione, in modo "passivo".

Il settore del solare passivo è strettamente connesso con l’architettura.

Le applicazioni del solare passivo possono offrire una serie di vantaggi per l'edificio a parte l’abbassamento dei consumi energetici. Uno di questi è il benessere degli abitanti sia dal punto di vista termico sia della qualità dell’illuminazione. In più, un miglioramento dal punto di vista estetico accompagna, di solito, le applicazioni solari passive.

Nella procedura di ***assorbimento diretto*** di energia solare i vetri delle finestre (e soprattutto quelle rivolte verso il sud) fungono di collettori mentre i locali vicini fungono da accumulatori del calore captato. Il rapporto fra la superficie dei vetri e dei volumi dei locali dove questi vetri appartengono definisce gli apporti ottenibili dalla radiazione solare. Il calore, una volta entrato nell’edificio, viene distribuito anche ai locali più lontani, eventualmente attraverso qualche sistema meccanico. La protezione dell'edificio dal surriscaldamento estivo deve essere assicurata tramite strutture edilizie o sistemi appositi di ombreggiamento.

Nel cosiddetto sistema a *muro Trombe* una parte della facciata sud dell'edificio viene vetrata con singolo o doppio vetro e dipinta di nero per assorbire gran parte della radiazione solare. Il muro che assorbe il calore deve avere una massa relativamente grande (e di conseguenza grande capacità termica). Il calore captato viene gradualmente trasferito all'interno dell'edificio tramite radiazione e convezione. In più, si trasmette calore con la convezione (naturale o forzata) dell'aria del locale che entra in basso nello spazio fra muro e vetro ed esce in alto.

Nei *pannelli ad aria addossati al muro* il principio qui è simile a quello del muro Trombe con la differenza che non c’è un ‘serbatoio’ di calore che, nel caso precedente è il muro stesso. Durante l’inverno l’energia solare incidente scalda la piastra captante e, di conseguenza, l’aria fra la piastra e il vetro. Condotti appositi permettono l’entrata dell’aria dall’interno dell’edificio alla parte più bassa dei pannelli. In presenza di radiazione solare, l’aria si riscalda e sale per poi rientrare nell’edificio in alto.

Durante l’estate l’aria riscaldata nei panelli esce attraverso un’apertura apposita in alto. Cosi si riesce eventualmente a raffrescare l’edificio.

Le *serre (verande)* sono costruzioni vetrate orientate a sud. Sono terrazze oppure costruzioni addossate alla facciata sud dell'edificio. Gli accumuli in questo caso possono essere: i muri, il pavimento, grandi vasi e piante, un eventuale "serbatoio" di ghiaia, oppure una combinazione di questi. La circolazione dell'aria riscaldata nella serra all'interno dell'edificio può essere naturale, oppure forzata se necessita migliorare l'uso e l'accumulo del calore captato. Il bilancio energetico di una serra è definito da una serie di parametri che dipendono sia dalle sue caratteristiche strutturali sia dal modo con cui la si usa.

Applicazioni di questa tecnologia costruttiva hanno avuto luogo in diverse parti del Europa.

In Italia ci sono esempi, piuttosto isolati, di vari tipi di costruzioni solari passive. Un'esperienza di particolare interesse è stata la progettazione e costruzione di 500 abitazioni (20 edifici residenziali) nella regione di Piemonte dove sistemi ibridi sono stati applicati con successo (500 abitazioni solari in Piemonte, 1990 Softech, Torino, R. Pagani, A. Marucco).

Alcune delle linee principali di progettazione sono le seguenti: applicazione di serre e di pannelli ad aria, l’adozione di elevati valori di isolamento, i doppi vetri e il controllo delle infiltrazioni. Il risparmio medio ottenuto di questi edifici rispetto a edifici omologhi progettati secondo criteri di

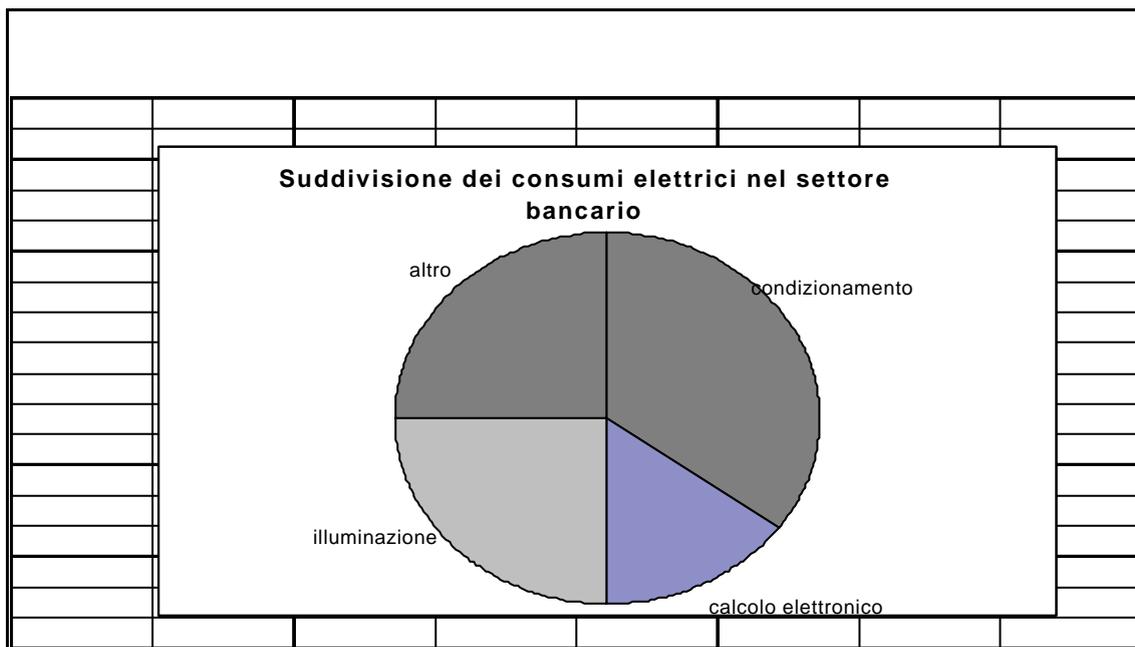
legge 373/76 (che all’epoca della costruzione e del successivo studio era ancora in vigore) è 35%. Gli extracosti delle tecnologie di integrazione energetica adottate sono state mediamente sotto il 10% del costo complessivo per la realizzazione degli edifici. Il costo dell’energia conservata è in quasi tutti i casi inferiore al costo del combustibile.

L’esperienza descritta permette alcune considerazioni interessanti.

Particolare attenzione deve essere posta sul settore dei nuovi fabbricati che offre un grande potenziale per l'applicazione del solare termico. Nella legislazione esistente si richiede di includere nella progettazione di un edificio gli apporti solari nel calcolo del suo fabbisogno termico.

Gli incentivi del solare passivo, sia nella nuova sia nella vecchia edilizia non possono essere considerati singolarmente ma all’interno di un piano di azioni che cerca di integrare i vari interventi di risparmio e di uso delle fonti rinnovabili attraverso promozione del solare passivo nel Regolamento edilizio per i fabbricati esistenti, incentivi per la progettazione e la realizzazione di interventi appropriati: es. serre, muri trombe ecc. nella nuova edilizia nelle aree in trasformazione

1.2 Raffrescamento ambienti

E' ben noto che il raffrescamento degli edifici costituisce un processo più energivoro del riscaldamento e che in questo ultimo periodo i consumi e le potenze richieste per il raffrescamento sono più che raddoppiate.
Infatti esso è generalmente prodotto utilizzando energia elettrica, cioè la forma di energia più qualificata, dando luogo a consumi energetici primari molto elevati. Sia dal punto di vista termodinamico, che da quello economico, la refrigerazione degli edifici attraverso impianti frigoriferi elettrici è quindi la più sconveniente.
Per dare un idea delle quantità di energia in gioco, è sufficiente osservare che nel periodo tra il 1985 e il 1994 il consumo di energia elettrica nel terziario ha registrato una notevole crescita, con un aumento del 100%.
All'interno di tali consumi, il consumo elettrico per il condizionamento degli ambienti raggiunge il 35% del totale, con una generale tendenza a crescere [Ismeri Europa, Studio dei consumi elettrici nel terziario]
L'impatto del condizionamento sui consumi specifici è rilevante. Il consumo specifico, per addetto o per m^2, di unità che utilizzano sistemi di condizionamento centralizzato è complessivamente pari al doppio della media. Circa il 60% degli impianti di condizionamento centralizzato è utilizzato anche per il riscaldamento invernale (pompe di calore). Il consumo specifico di energia elettrica è in questi casi pari a circa 195 kWh/m^2 e 6000 kWh/addetto.

Dall'analisi delle curve di potenza elettrica massima richiesta in una media città, e in particolare confrontando i valori relativi a luglio e gennaio, si può riscontrare che se fino a dieci anni fa la differenza (a favore del secondo mese) superava il 20% e in certi anni raggiungeva il 28%, negli ultimi anni è scesa al di sotto del 10%.
Ciò conferma le considerazioni precedenti in merito non solo all'aumento dei consumi totali ma anche sul fatto che si sta modificando la composizione degli usi elettrici finali a favore dei consumi legati alla climatizzazione estiva con alimentazione elettrica.
C'è da osservare comunque che a seguito della crescente consapevolezza sulla necessità di attuare risparmi energetici sempre maggiori, sono stati sviluppati anche a livello commerciale, sistemi "convenzionali" che operano con sempre maggiori efficienze, sia dal punto di vista strettamente termodinamico, che da quello relativo a una razionale gestione degli impianti. Tale circostanza ha

verosimilmente rallentato l'impatto del condizionamento anche se non ha ridotto la crescente "domanda di freddo" da parte del pubblico.

Le possibili strategie di largo respiro atte a limitare i consumi energetici per la climatizzazione estiva operano fondamentalmente su due fronti:
- migliorare il rendimento dei sistemi convenzionali esistenti e adottare criteri progettuali più razionali per le nuove realizzazioni.
- spostare l'attenzione verso tecnologie e tecniche non convenzionali, in altri termini verso interventi passivi o a basso consumo (low-energy).

I sistemi che operano con dispositivi meccanici, come pompe o ventilatori, per trasferire flussi termici sono generalmente chiamati "**attivi**". Una serie di misure attuabili allo scopo di razionalizzare i consumi energetici attraverso interventi di miglioramento degli impianti esistenti è esaminata nei paragrafi seguenti. Per ciascuna delle misure attuabili si fornisce anche una stima sui possibili risparmi e sui costi ad essi associati.
Il termine "**passivo**" indica invece l'uso di tecnologie e di accorgimenti progettuali che ottengono il controllo di flussi di calore e di massa, utilizzando in modo appropriato le leggi fisiche. I sistemi passivi tendono quindi a garantire il riscaldamento e il raffrescamento degli ambienti attraverso uno "spontaneo" ed efficace sfruttamento delle fonti e dei serbatoi di energia naturali disponibili. Nel seguito di questo capitolo si cercherà di evidenziare alcune misure attuabili nel settore terziario riportando anche delle stime sui risparmi ottenibili per un edificio tipo ad uso uffici.

1.2.1 Principali strategie di risparmio nei sistemi meccanici

I sistemi di climatizzazione estiva (controllo della temperatura ed umidità dell'aria, purezza dell'aria) sono sempre più in via di penetrazione nel mercato del terziario, fino a diventarne caratteristica quasi essenziale, ma non per questo rappresentano sistemi energeticamente ottimizzati. Infatti a causa della loro quasi essenzialità spesso vengono progettati in modo semplicistico, utilizzando vecchie regole obsolete, senza una vera ottimizzazione ingegneristica; ciò è dovuto ad una progettazione frammentaria e di comodo, con offerte così ribassate da non potere contenere un vero supporto ingegneristico.
Il fatto che la remunerazione del progettista sia poi legata all'ammontare dell'investimento da esso proposto non incentiva certamente a dimensionare con cautela gli impianti, circostanza che richiederebbe magari un incremento del lavoro di analisi e di elaborazione "originale". L'introduzione di "criteri di merito" che nel computare le remunerazioni tengano conto però anche della qualità del progetto basandosi magari su indicatori di efficienza globale agganciati a normative nazionali o indicazioni di riferimento potrebbe certamente contribuire ad adottare criteri progettuali più attenti alle problematiche del risparmio energetico.
E' frequente che gli edifici climatizzati utilizzino in modo sovrabbondante il reale fabbisogno di energia per la loro climatizzazione. Ciò si ripercuote certamente sui costi capitali e di gestione. E' certamente indicativo che le modalità di gestione di un sistema di climatizzazione spesso non dipendono da dati oggettivi di comfort ambientale (comunque difficile da definire), ma da credenze soggettive su fisiologia e salute, funzionamento del sistema, ecc.
Infine è constatabile una scarsa informazione sulle caratteristiche di consumo energetico (realmente misurato) sui singoli componenti degli impianti, problema che nel futuro dovrebbe essere ovviato dalla certificazione energetica dei componenti (art. 32 legge 10/91).
Alla luce di tali considerazioni, le principali misure da adottare (in fase di progettazione o di aggiornamenti degli impianti) consistono in:

- *Ridimensionamento dei gruppi di refrigerazione* ricalcolando accuratamente il reale fabbisogno termico dell'edificio (Risparmio indicativo 0.3% - 11.7%).

- Ridefinizione della temperatura dell'aria di mandata, passando da sistemi a temperatura prefissata e costante a sistemi a *temperatura variabile*, temperatura fissata di volta in volta dalle condizioni che si realizzano dell'ambiente più sfavorito. Occorre dotare il sistema di sensori di temperatura in ogni ambiente e di un controllore intelligente (Risparmio indicativo 0.6 - 8.8%).

- Adozione di *economizzatori*, cioè apparati che in modo automatico provvedano all'introduzione di aria esterna in ambiente, al posto di aria raffreddata dai refrigeratori, quando quella è sufficientemente fredda e secca.(Risparmio indicativo 0.2 - 2.2%).

- *Miglioramento dell'efficienza dei motori elettrici* delle pompe e dei ventilatori sostituendoli con modelli ad alto rendimento.(Risparmio indicativo 2 - 5%)

- Trasformazione degli impianti, quando possibile, in sistemi a *portata variabile* che sono in grado di risparmiare energia adeguando le portate d'aria alle richieste termiche e di qualità dell'aria dell'edificio.(Risparmio indicativo 2.8 - 11.5%)

- Adozione di *sistemi di controllo elettronico della velocità* per i motori di pompe e ventilatori, in modo da regolare le portate per variazione di velocità di rotazione e non in modo dissipativo (by-pass o perdita di carico).(Risparmio indicativo 5.3 - 13.1%)

- Utilizzazione dell'*accumulo di "freddo"*, cioè utilizzare accumulatori termici che consentano di evitare il dimensionamento delle macchine frigorifere sulle potenze di punta, ma invece su potenze medie e di consentirne un funzionamento continuo e quindi ad alta efficienza.

Altre strategie che prevedono l’intervento sull’involucro e sul contenimento dei carichi termici interni ed esterni saranno affrontate più avanti.
I consumi associati alla climatizzazione estiva, per sua peculiarità, risentono in modo sostanziale della avvenuta o mancata applicazione di misure di risparmio energetico anche se relative ad altri sistemi di energia presenti nell'edificio, che non siano strettamente parte dell'impianto di climatizzazione stesso (come sistemi di illuminazione, apparecchiature elettriche, ecc).
Per quanto riguarda le tecniche di raffrescamento passivo che non utilizzano componenti impiantistici (hardware) ma che si basano sull’uso di materiali appropriati, su componenti architettonici speciali e, in generale sul layout dell’edificio, si rimanda al paragrafo successivo per una più dettagliata descrizione e per una stima più accurata dei possibili risparmi conseguibili su un edificio-tipo.
Inoltre, si riportano alcune considerazioni preliminari sui costi degli interventi in cui si sono messe in evidenza le reali possibilità di attuazione degli stessi. In particolare:

1. Minori carichi termici riducono il dimensionamento dei sistemi di climatizzazione di due, tre volte, quindi gli interventi di riduzione dei carichi sono generalmente ripagati o più che ripagati dal minore costo capitale dell'impianto negli edifici nuovi e spesso nelle ristrutturazioni più importanti. **Di conseguenza il risparmio energetico così ottenuto è a costo nullo o con guadagno capitale.**

2. Le opzioni di raffrescamento passivo spaziano da applicazioni poco costose (economizzatori) ad altre estremamente care (essiccanti). Probabilmente le più interessanti (sistemi evaporativi

indiretti e diretti/indiretti) sono attualmente da due a tre volte più costose dell'unità refrigerante e ventilante più economica , ma potrebbero diventare competitive se applicate su larga scala..

3. Guadagni di efficienza nei sistemi di refrigerazione di due, tre volte potrebbero non avere costi capitali addizionali in quanto compensati da una progettazione più accurata (dimensionamento più adeguato), ausiliari elettrici più piccoli, e minori carichi termici autoindotti.

4. Nei grandi edifici, dove i costi dei canali dell'aria dominano i costi d'impianto, è possibile risparmiare dal 2 al 4% del costo totale dei materiali e macchinari riducendo la dimensione dei canali trasportando aria più fredda (3 °C). Questa opzione è vantaggiosa per i sistemi di refrigerazione ad alta efficienza, o per i sistemi ad essiccanti (l'aria molto secca è quasi equivalente ad aria fredda), e può spesso ripagare l'extracosto per kWh risparmiato dei sistemi ad essiccanti.

5. L'accumulo termico freddo in ghiaccio, se ancora conveniente dopo l'adozione di altre azioni di risparmio, può ridurre il costo capitale, senza considerare la possibilità di adottare canali a sezione minore, solo per effetto del conseguente impiego di refrigeratori e ausiliari di dimensioni inferiori.

6. Il costo marginale di buoni sensori, controlli e software è trascurabile se comparato ai risparmi ottenibili. Il costo di mancata opportunità per la loro omissione è invece enorme.

7. Il risparmi indiretti sul costo capitale per effetto di una riduzione dell'ingombro del sistema (plenum più piccoli e bassi, meno rivestimenti, meno strutture, più area netta utilizzabile, ecc.) possono facilmente raddoppiare i risparmi diretti calcolati.

Nella tabella seguente è stata tentata un'aggregazione di alcune misure allo scopo di fornire in modo indicativo il livello di risparmio energetico conseguibile. Le stime sono state elaborate da Lovins e altri per conto di COMPETITEK, un consorzio di utilities e centri di ricerca statunitensi. L'autore è uno dei consulenti del programma ACT^2 della Pacific Gas & Electric per la verifica sul campo degli effetti ottenibili dall'integrazione ottimizzata in un edificio di diverse tecnologie di risparmio, sia per edifici nuovi che per edifici soggetti soggetti a retrofit.

STRATEGIA	AZIONI PRINCIPALI (i dettagli dipendono dalle condizioni specifiche)	FABBISOGNO ENERGETICO Fattore di riduzione (1 in assenza di interventi)
riduzione dei carichi termici (si riduce il dimensionamento meccanico ed elettrico del sistema e di conseguenza il costo capitale)	forma architettonica e involucro dell'edificio, albedo, massa, ombreggiamento, circondario, isolamento, illuminazione naturale; luci super efficienti, vetrature selettive, apparecchiature interne, ecc.*	**0,5** se retrofit, meno se nuovo.
sostituzione o complementazione con tecniche di raffrescamento non a compressione di vapore	raffrescamento passivo (ventilazione notturna, radiazione, depositi di ghiaccio), economizzatori, evaporazione, essiccanti, assorbimento, ecc.	**0,5**
miglioramento dell'efficienza dei sistemi di refrigerazione (potrebbe pagarsi da se giusto per il corretto dimensionamento, includendo la riduzione dei carichi autoindotti)	minore velocità, pressione, perdite, attrito, differenze di temperatura, surdimensionamento; migliore distribuzione del "fresco" e migliori prestazioni a carico parziale; aria di mandata fredda; accumulo freddo opzionale	**0,5**
miglioramento del sistema di controllo (hardware, software, grafica, addestramento dell'operatore, manutenzione)	migliori algoritmi, sensori, segnali trasmessi, interfacce utente; simulatori; controllo predittivo autoadattante; ...	**0,8**
sfruttamento della flessibilità degli standard sul benessere	moti d'aria, arredi, temperatura media radiante, ecc.	**0,8**
EFFETTI COMBINATI		**0,08**
RISPARMIO COMPLESSIVO		**9,2%**

* Stime più precise sono contenute nel successivo paragrafo "Risparmi conseguibili: alcuni esempi per tipologie edilizie e per interventi-tipo a ROMA"

1.2.2 Raffrescamento passivo e riduzione dei consumi per la climatizzazione estiva degli edifici.

Attraverso una adeguata progettazione della forma e delle funzioni dell'edificio, un uso appropriato dei materiali, e la creazione di un contesto urbano più "naturale" è possibile influenzare profondamente le condizioni di comfort di un ambiente chiuso e quindi ridurre i consumi energetici associati al mantenimento di esso.
Nei sistemi passivi, gli elementi come i muri o il tetto che captano, accumulano, trasferiscono e dissipano il calore sono parte integrante del progetto architettonico. Quindi un componente architettonico può servire per riscaldare o per raffrescare nelle stessa misura in cui separa degli ambienti o definisce la forma dell'edificio.
La definizione del microclima del sito è ovviamente di fondamentale importanza per la valutazione delle interazioni termiche fra edificio e ambiente. In generale, il progetto deve essere tale da assicurare, quando è possibile, una massimizzazione dei guadagni solari e una minimizzazione delle perdite di calore durante i mesi freddi, e l'esatto opposto nel mesi estivi
Volendo riassumere in maniera sintetica le tecniche di progettazione passiva si hanno le seguenti possibilità:
- controllo del comfort termoigrometrico attraverso la ventilazione naturale o forzata
- controllo della radiazione solare e delle interazioni fra edificio e ambiente
- incremento delle caratteristiche isolanti e di tenuta dell'involucro edilizio
- riduzione dei guadagni energetici associati alle attività svolte all'interno dell'edificio

D'altra parte sono disponibili oggi, non più allo stadio sperimentale, macchine frigorifere non convenzionali *"low energy"* capaci di sfruttare forme di energie meno pregiate dell'elettricità (il calore di fiamma, ma anche quello di scarto di processo) con rendimenti termodinamici accettabili. Queste consentono grandi economie sulla bolletta energetica. Si tratta principalmente di:
- frigoriferi ad assorbimento
- sistemi evaporativi diretti, indiretti e misti
- sistemi a cicli di deumidificazione di sostanze disseccanti

Resta da citare infine la convenienza associata alla diffusione di macchine reversibili come le pompe di calore le quali associano ad alte prestazioni termodinamiche anche la possibilità di utilizzare sorgenti e serbatoi di calore naturali (acque di falda, calore di scarto, terreno, ecc.).
Come già detto, in questa sede tratteremo esclusivamente dei sistemi passivi e delle tecnologie *"low energy"* per il raffrescamento degli ambienti. In particolare ci occuperemo principalmente degli effetti dell'uso di vetrature speciali, di sistemi di ombreggiamento, della protezione radiativa e della ventilazione naturale. Per i sistemi innovativi low-energy citeremo brevemente le caratteristiche di frigoriferi ad assorbimento, dei sistemi evaporativi e dei sistemi che utilizzano sostanze disseccanti.

1.2.3 Controllo della radiazione solare

I componenti trasparenti dell'involucro

L'influenza dei componenti architettonici trasparenti, come le finestre, i lucernari, le verande ecc., è spesso preponderante nel bilancio energetico globale dell'edificio.
Come è noto la distribuzione spettrale della radiazione solare è tale che circa la metà possiede una lunghezza d'onda contenuta nel campo del visibile, mentre l'altra metà (frequenze alte nel vicino infrarosso, e frequenze basse nell'ultravioletto) è invisibile ma è pure responsabile del vettoriamento dell'energia termica propria dei raggi solari. In edifici posti in aree climatiche calde, in cui la richiesta energetica preponderante è quella per il raffrescamento estivo, per ridurre i guadagni di calore dovuti all'ingresso della radiazione solare attraverso un vetro, la finestra deve quindi essere trasparente solo alla porzione di radiazione relativa al visibile, necessaria ad illuminare adeguatamene l'ambiente confinato, ed opaca alla rimanente radiazione.
Per descrivere il comportamento termico di un materiale trasparente non è quindi sufficiente fare riferimento solo alla sua trasmittanza termica. Tale grandezza infatti è solo una misura del flusso di

calore per conduzione e convezione attraverso la finestra dovuto alla differenza di temperatura fra i due ambienti da essa separati. I cosiddetti guadagni radiativi rappresentano però nella maggior parte dei casi la parte preponderante dei carichi termici dell'ambiente.
La grandezza che indica il grado di trasparenza del vetro alla radiazione solare è il coefficiente di shading (SC). SC è il rapporto fra il guadagno solare caratteristico del vetro in oggetto e quello relativo ad un vetro di riferimento (vetro sodico-calcico di 3 mm di spessore) a parità di condizioni al contorno. Esso risulta quindi minore dell'unità. Vetri con bassi coefficienti shading determinano bassi guadagni solari. Ovviamente al decrescere del coefficiente ci si avvicina sempre più alle caratteristiche di un materiale opaco assolutamente impermeabile alla radiazione solare.
Ciò vuol dire che una riduzione del coefficiente di shading comporta anche una riduzione del coefficiente di trasmissione luminosa del vetro (T_{vis}), che misura in % la porzione di radiazione visibile trasmessa.
La letteratura americana definisce fattore di guadagno di un vetro (*gaining acceptance*), il rapporto fra il coefficiente di trasmissione luminosa e il coefficiente di shading. Tale rapporto adimensionale è chiamato anche *costante di efficienza luminosa* (K_e) o *indice di selettività.* Un comune vetro che fa passare quasi in ugual misura la luce visibile e le radiazioni del vicino infrarosso ha un K_e prossimo ad 1. Un vetro perfettamente selettivo, che dovrebbe permettere il passaggio di tutta la radiazione visibile ma impedire nel contempo quello del vicino infrarosso e dell'ultravioletto, dovrebbe avere un K_e di circa 2, poiché circa la metà della radiazione solare è nello spettro del visibile.
È quindi ovvio che la scelta di un tipo di vetratura influenza i fabbisogni energetici legati al riscaldamento e al raffrescamento degli ambienti. L'adozione di un particolare tipo di vetro può determinare ad esempio un minore dimensionamento degli impianti di condizionamento e certe volte anche la sua eliminazione. Tuttavia anche altre caratteristiche possono influenzare la scelta di un tipo di vetro: la capacità di riduzione dei rumori, della condensazione, della trasmissione di ultravioletti, e dei problemi di manutenzione della finestra.
Di seguito vengono brevemente fornite le caratteristiche principali dei vetri tradizionali e di quelli innovativi utilizzabili in operazioni di *retrofitting* (intervento a posteriori su manufatti esistenti) degli edifici.

Vetri comuni

La corrente vetratura mono-lastra presente nella maggior parte degli edifici italiani presenta caratteristiche di isolamento termico molto scarse. L'intervento più comune consiste nella sostituzione con vetrature doppie o triple formate cioè da due o tre lastre parallele separate da intercapedini di spessore variabile fra i 6 e 12 mm, eventualmente riempite da gas inerti. Il miglioramento delle proprietà isolanti è sensibile, associato anche ad un buon comportamento come barriera acustica. La trasparenza alla luce T_{vis} di un vetro sodico-calcico di riferimento (3 mm di spessore) è pari al 78%, cioè alta, mentre il coefficiente di shading è 1. La tabella riporta le trasmittanze medie di diverse configurazioni di vetri sodico-calcici.

Tipo di vetro	**Trasmitt. W/m^2 K**
Vetro semplice da 3 mm	5.68
Vetro semplice da 4 mm	5.68
Vetro semplice da 6 mm	5.64
Vetro semplice da 8 mm	5.58
Vetro doppio 4-6-4 mm	3.36
Vetro doppio 6-12-6 mm	3.06
Vetro triplo 4-6-4-6-4 mm	2.51
Vetro triplo 6-12-6-12-6 mm	2.09

Vetri speciali e "smart windows"

Oggi sono disponibili sul mercato altri tipi di vetri, con caratteristiche termiche e di trasparenza alla luce molto diverse.

I vetri riflettenti ad esempio sono caratterizzati da una alta opacità alla luce (T_{vis} variabile fra 5 e 35 %) ma da ottimi coefficienti di shading (0.15 - 0.40). I valori di K_e variano quindi fra 0.25 e 1.0. Questo tipo di vetro può trovare numerose applicazioni nelle regioni molto calde, dove l'elevata capacità di controllo dei guadagni solari è un fattore importante per la riduzione dei carichi termici estivi. Tuttavia pur riducendo la richiesta di potenza per il raffrescamento esso allo stesso tempo può aumentare di molto la richiesta di illuminamento artificiale.

I cosiddetti vetri selettivi o basso-emissivi (low-E) sono, entro certi limiti, opachi alle radiazioni dell'infrarosso. Essi trasmettono una luce solare più fredda rispetto ad altri. Valori tipici di K_e dell'ultima generazione di questi vetri variano fra 1.1 e 1.3, con un coefficiente di trasmissione luminosa di circa il 65%. Negli Stati Uniti il loro costo aggiuntivo rispetto al vetro comune è di circa 27 $ per metro quadrato.

Sono pure disponibili sul mercato nord-europeo e americano vetrature doppie super-isolanti, che risultano da combinazioni di lastre di vetro ordinario, film selettivi, film low-E, e l'uso di gas kripton con trasmittanze che scendono anche a 0.56 W/m^2 K.

Per interventi di rifacimento si possono impiegare dei film speciali da applicare alle vetrature esistenti. Essi hanno generalmente degli spessori variabili fra 0.025 e 0.10 mm e sono provvisti di adesivo per essere posti in opera senza difficoltà. Alcune controindicazioni riguardano l'usura della pellicola, l'alterazione Sestotica del visibile e lo scadimento delle proprietà adesive. Molti di questi problemi sono stati comunque risolti.

Tipo di vetro	**Tvis [%]**	**SC**	**K_e**
Vetro So-Ca 3 mm	78	1	0.78
Vetri riflettenti	5-35	0.15-0.40	0.25-1
Basso emissivi	65	0.5-0.6	1.1-1.3

Caratteristiche ottiche e termofisiche di alcuni vetri

Infine occorre citare un'ultima generazione di vetri innovativi, fra cui si annoverano gli elettrocromici e i termocromici , capaci di modificare attivamente (mediante un controllo) o passivamente (in funzione ad esempio della temperatura) le proprie caratteristiche ottiche.

In particolare i vetri elettrocromici sono capaci di cambiare la loro trasparenza quando si applicano ad essi diversi valori di potenziale elettrico.

I vetri elettrocromici rappresentano il sistema ideale per realizzare "finestre intelligenti" (smart windows), che sappiano offrire la trasparenza ottimale a seconda delle condizioni di sole, di necessità di luce di utilizzo del locale, in modo da ottenere il massimo comfort con il minimo dispendio di energia per l'illuminazione e per il riscaldamento/raffrescamento.

Questi vetri però, pur essendo già commercializzati negli Sati Uniti, non sono ancora presenti sui nostri mercati.

Materiali Isolanti trasparenti

Gli isolanti trasparenti, anche detti TIM (Transparent Insulation Materials) sono dei materiali dotati di bassa trasmittanza termica, a livelli caratteristici degli isolanti opachi tradizionali, ma allo stesso tempo posseggono un'alta trasmittanza ottica che consente di assimilarli ai vetri in termini di caratteristiche di trasmissione della radiazione solare**.**

Esistono sul mercato diversi tipi di materiali isolanti trasparenti, classificabili in due grandi categorie:

- strutture orientate, come quelle ad alveo multiple (honeycomb), i capillari a cilindro cavo o i film plastici paralleli;
- strutture quasi omogenee, come aerogel di silice, la cui forma a celle aperte microporose permette una riduzione della conducibilità ed allo stesso tempo esalta il fenomeno della diffusione di luce attraverso il materiale.

Una tipica configurazione utilizzata per una efficiente applicazione TIM nell'edilizia è rappresentata dal modulo "parete-isolante-trasparente" (TIM-Wall). L'isolante trasparente viene collocato di fronte ad una parete opaca di colore scuro e, quindi, capace di assorbire la radiazione solare. Dalla parte esterna vi è un vetro protettivo, mentre da entrambi i lati dell'isolante due strati d'aria permettono di aumentare l'isolamento della struttura. Inoltre, un dispositivo schermante viene usualmente interposto fra il vetro esterno e l'isolante trasparente.

Un TIM-Wall con isolante trasparente dello spessore di 40 mm e vetro basso emissivo da 3 mm su una parete opaca esposta a Sud può avere tempi di ritorno di circa 11-13 anni a Cremona e a Milano.

Se si considerano le esigenze di illuminazione degli ambienti, l'isolante trasparente sembra essere maggiormente adatto rispetto alle vetrate multiple. Esso può garantire una trasmittanza termica due o tre volte inferiore a quella di vetri che hanno la stessa trasparenza luminosa. L'inconveniente principale degli isolanti trasparenti risiede nella scarsa qualità di "visione" attraverso di essi. D'altra parte, il migliore apporto di luce diffusa rispetto alla luce diretta, permette di ridurre l'eventuale discomfort per abbagliamento in determinati ambienti. Per questo motivo è più corretto parlare di materiali "traslucidi'.

Pertanto quando l'unico scopo di un elemento architettonico trasparente è quello di fornire luce naturale all'ambiente, ad esempio un lucernario, il TIM al posto del vetro consente di ottenere un consistente vantaggio energetico con vantaggi strutturali non indifferenti.

Un interessante campo di applicazione dei TIM è anche costituito dalle facciate continue. Le prestazioni termofisiche ne sono fortemente migliorate, inoltre si consegue una riduzione del peso.

Le applicazioni dei TIM fino ad oggi sono state prevalentemente rivolte ad edifici di nuova costruzione, anche se interessanti risultati si sono ottenuti per il retrofit di edifici esistenti.

Alla luce delle esperienze svolte e della qualità raggiunta dai materiali oggi già commercializzati, si può affermare che i TIM rappresentano già una realtà innovativa per il mercato.

Ombreggiamento

La protezione delle finestre dalla radiazione solare può generare notevoli benefici in termini di riduzione dei carichi di raffrescamento estivi. Tali interventi hanno principalmente due obiettivi:

- ridurre la radiazione solare diretta che attraversa la finestra e induce un incremento di temperatura dell'aria e della temperatura media radiante dell'ambiente confinato;
- ridurre gli scambi radiativi diretti per gli occupanti

Una rapida classificazione dei dispositivi utilizzati presenta:

- tende interne: molto comuni, economiche e facili da installare. Presentano però degli svantaggi: bloccano la radiazione solo quando essa è già penetrata, possono oscurare troppo l'ambiente, possono provocare fenomeni di abbagliamento quando sono troppo chiare.
- tende esterne: bloccano la radiazione diretta all'esterno, possono essere motorizzate. Tuttavia presentano problemi di manutenzione legati all'usura a cui sono sottoposte e possono anch'esse oscurare l'ambiente.
- tende veneziane fra due pannelli di vetro: riescono a bloccare l'ingresso della radiazione solare nell'ambiente interno ma possono generare un aumento di temperatura all'interno della camera d'aria. Inoltre non essendoci tenuta stagna si possono ingenerare fenomeni di condensazione.
- aggetti orizzontali: questi elementi architettonici, se posizionati correttamente, possono contemporaneamente bloccare la radiazione solare delle ore più calde estive (quando il sole è più alto) e permettere il passaggio della radiazione solare nelle ore più fresche e nella stagione invernale. Essi sono appropriati solo nelle facciate esposte a SUD.

- elementi protettivi verticali: sono usati prevalentemente nelle facciate esposte a est e a ovest. Possono essere particolarmente costose per edifici multipiano e possono ostruire la vista.
- dispositivi mobili: si tratta di schermi prevalentemente orizzontali la cui inclinazione può essere regolata al fine di ottimizzarne il funzionamento per le diverse stagioni. Alcuni di essi possono essere pensati come elementi riflettenti che permettono l'ingresso di parte della radiazione al fine di non ridurre troppo l'illuminazione naturale all'interno. Presentano tuttavia l'inconveniente di essere soggetti a usura.

Uso della vegetazione

Le prestazioni energetiche di un edifico possono essere influenzate significativamente dalla presenza di vegetazione. Ci sono almeno tre strade per usare la vegetazione per ridurre i carichi frigoriferi per un edificio:
- vegetazione sull'edificio
- vegetazione attorno all'edificio
- vegetazione che ombreggia l'edificio durante le ore di insolazione

L'ombreggiamento è solo uno dei diversi processi attraverso i quali alberi e vegetazione influenzano i consumi energetici di un edificio. Gli altri effetti che intervengono sono:
- riduzione del reirraggiamento del contesto urbano dovuto alle minori temperature delle superfici vegetali rispetto a quelle artificiali
- riduzione dei guadagni convettivi e conduttivi a causa della minore temperatura esterna dovuta al processo di evapotraspirazione delle piante
- riduzione dei guadagni termici per infiltrazione dell'aria a causa dell'effetto di schermatura al vento

D'altra parte si verificano anche delle controindicazioni:
- una riduzione del reirraggiamento da parte dell'edificio poiché parte del cielo notturno è "oscurato" dalla vegetazioni più alta
- un incremento dei carichi latenti a causa della maggiore umidità determinata dalla traspirazione delle piante.
- una riduzione delle potenzialità di ventilazione notturna e di scambi convettivi.

Per questo complesso di aspetti è molto difficile predire esattamente l'effetto di un intervento di "greening" sui consumi energetici di un edificio. Esso dipende fortemente, oltre che dalle caratteristiche dell'edificio stesso, anche da quelle dell'ambiente esterno, dalla natura e dalla geometria delle piante.
Alcuni studi svolti negli Stati Uniti riportano stime di possibili benefici di un incremento medio del 25% della vegetazione in un area urbana in termini di riduzioni di carichi fra il 25 e 40% (in funzione della località). Analisi parametriche hanno dimostrato che la maggior parte dei risparmi è dovuta all'effetto sulla temperatura esterna, mentre una quota fra 10 e 30% è dovuta all'ombreggiamento portato.

Ventilazione

La **ventilazione naturale** degli edifici può ridurre la richiesta di condizionamento dell'aria dal 10 al 15% a seconda del clima e dell'edificio. La più semplice strategia per ottenere condizioni di comfort accettabili anche quando la temperatura interna è elevata rispetto a quella esterna, è la **ventilazione diurna**. Tale strategia permette un "trasporto" del calore generato all'interno verso l'ambiente esterno. Inoltre, è noto che al crescere della velocità dell'aria, a parità di condizioni termoigrometriche, si ottiene un miglioramento del comfort. La velocità dell'aria non può raggiungere valori troppo elevati che genererebbero effetti controproducenti sulla vivibilità degli ambienti.
Per valori pari a 1,5 -2,0 m/s si possono avere buoni risultati anche con temperature esterne di 30° C con variazioni giornaliere entro i 10°C.

Il progetto dell'edificio deve *facilitare la circolazione dell'aria negli spazi abitati*, attraverso un adeguato dimensionamento delle aperture, l'orientamento della struttura o anche attraverso dispositivi per la circolazione forzata.
In regioni in cui si ha una forte escursione termica fra giorno e notte, è possibile *sfruttare l'aria fresca notturna per raffreddare l'edificio ventilandolo* (**ventilazione notturna**). Le pareti devono possedere una buona capacità termica, per poter "conservare il freddo" acquisito la notte, ma devono essere bene isolate dall'esterno per non acquisire troppo calore nelle ore diurne.
Anche la massa di terra posta al di sotto e attorno l'edificio può essere convenientemente sfruttata. in alcune regioni climatiche, come serbatoio freddo.

Incremento dell'albedo dell'edificio

L'uso di colorazioni chiare è una misura efficace ed economica per ridurre le temperature superficiali esterne dell'involucro e quindi i carichi per il raffrescamento. Il colore chiaro riduce l'assorbimento da parte della superficie delle radiazioni di piccola lunghezza d'onda, e quindi la temperatura superficiale e quella dell'aria che scambia con la superficie stessa calore per convezione.
La riduzione della temperatura superficiale comporta anche una riduzione della trasmissione per conduzione attraverso la parete determinando anche minori temperature superficiali interne. Questa circostanza consente di migliorare le condizioni di comfort termoigrometrico, fortemente influenzato dalla temperatura media radiante delle superfici.
Simulazioni svolte per edifici residenziali a Sacramento, California, suggeriscono che incrementando l'*albedo* (il rapporto fra radiazione riflessa e incidente su tutto lo spettro solare) di un edificio ben isolato da 0.3 a 0.9 i carichi per raffrescamento si riducono di circa il 20%. Effetti superiori si ottengono per edifici meno isolati in quanto la presenza dell'isolamento riduce il beneficio "conduttivo" sulle temperature superficiali interne.
Tale strategia, perseguita a scala di quartiere, o anche di città, può generare alterazioni a livello meso-climatico con benefici anche sulle condizioni di comfort estivo negli ambienti esterni. Sempre per Sacramento [Akbari, Rosenfeld, Taha, "Summer Heat Islands, Urban Trees, and White Surfaces"], è stato stimato un abbassamento della temperatura da 1 a 4 °C, in funzione del tempo, incrementando l'albedo media da 0.25 a 0.40. Le conseguenze sui consumi energetici sugli edifici possono manifestarsi in riduzioni dei carichi di raffrescamento di circa il 40%.

Raffrescamento evaporativo

Una corrente d'aria può essere raffreddata mediante la nebulizzazione in essa di acqua in condizioni tali da produrne l'evaporazione. Questo dà luogo ad una trasformazione di parte del calore sensibile in calore latente. In questo modo la temperatura dell'ambiente si abbassa, ma contemporaneamente si verifica un innalzamento dell'umidità assoluta e relativa. Questo tipo di processo è denominato **raffrescamento evaporativo diretto**.
L'efficienza del processo di raffrescamento evaporativo viene misurata rapportando l'abbassamento della temperatura realmente ottenuto, con il massimo scarto teoricamente ottenibile cioè la differenza fra la temperatura al bulbo secco dell'ambiente interno (TBS) e la temperatura a bulbo bagnato (TBB) dell'ambiente esterno, grandezza legata al contenuto d'acqua dell'aria.
La corrente d'aria umidificata viene infatti immessa direttamente nell'ambiente da raffreddare. Mentre la TBB rimane costante, la temperatura dell'aria può essere ridotta di circa il 70-80% della differenza fra TBS e TBB. Poiché un eccessivo incremento del tasso di umidità ambientale determinerebbe quindi un effetto contrario a quello voluto, riducendo in pratica le condizioni di comfort, questa tecnica è ovviamente applicabile solo in regioni aride, caratterizzate cioè da bassi livelli di umidità, che abbiano anche una buona disponibilità di acqua da utilizzare nel processo.
Con il **raffrescamento evaporativo indiretto** la corrente d'aria fresca umidificata viene mandata ad uno scambiatore di calore dove raffredda un altro flusso di aria non modificandone però il contenuto d'acqua. L'aria raffreddata viene poi mandata all'ambiente da raffrescare.

L'efficienza teorica del processo indiretto è più bassa di quello diretto, ma in pratica può raggiungere valori elevati nei sistemi dotati di scambiatori particolarmente efficienti.
I sistemi evaporativi indiretti con rigenerazione dell'aria ricircolano l'aria uscente dallo spazio raffrescato inviandola all'alimentazione dello stadio di umidificazione. Attraverso questo espediente si può ridurre anche la TBB dell'ambiente.
L'aria calda e umida uscente dall'ambiente interno cede il suo calore ad una superficie raffrescata evaporativamente, passa attraverso un filtro e, infine, viene immessa nei condotti asciutti di uno scambiatore piano.
Esistono anche dei sistemi dotati di scambiatori costituiti da due letti di roccia impermeabile che funzionano in parallelo: mentre uno viene raffreddato dall'aria esausta preventivamente umidificata, l'altro (già freddo) raffresca l'aria da immettere nell'ambiente interno; uno switch alterna il funzionamento dei due letti.
Nei **sistemi rigenerativi a due stadi** si opera nella seguente maniera: nel primo stadio l'aria esterna viene pre-raffreddata indirettamente, nel secondo stadio l'aria proveniente dal primo e dall'ambiente interno viene umidificata mediante evaporazione diretta.
Infine, operando con il raffrescamento evaporativo delle superfici di confine dell'ambiente, in particolare del soffitto, si agisce sull'abbassamento della temperatura degli elementi dell'involucro e quindi anche sulla temperatura media radiante interna.
Le superfici esterne esposte alla radiazione solare possono essere raffreddate mediante l'evaporazione di acqua. Diversi sistemi sono stati commercializzati negli Stati Uniti, dove la tipologia edilizia monofamiliare ad uno o due piani è molto diffusa.

1.2.4 Frigoriferi ad assorbimento.

Le macchine frigorifere ad assorbimento consentono l'uso di energia termica a bassa entalpia (110-120°C) in sostituzione dell'energia meccanica richiesta dal compressore nelle macchine a compressione di vapore saturo.
Nei cicli ad assorbimento il fluido refrigerante viene fatto assorbire da un secondo liquido, detto assorbente (in genere acqua), e la miscela risultante viene portata ad una pressione elevata. Riscaldando la miscela nel cosiddetto generatore, si ottiene la separazione del vapore del refrigerante che viene quindi inviato ad un condensatore, espanso e mandato ad un evaporatore. Il ciclo è completato dal riassorbimento del refrigerante nell'assorbitore, tornando così alla miscela iniziale nella sua originale concentrazione. Poiché il ciclo può realizzarsi a circolazione naturale, l'energia fornita dall'esterno è solo di natura termica. L'acqua calda a 85-90^{O}C prodotta ad esempio da uno scalda-acqua solare ha un livello termico sufficiente per le macchine cosiddette a singolo effetto con dei coefficienti di effetto utile fra 0.6 e 0.7 e potenze anche dell'ordine di poche decine di kW.
I sistemi ad assorbimento alimentati a gas sono ben consolidati industrialmente (dai piccoli frigoriferi alle grandi installazioni per la conservazione alimentare a freddo), l'accoppiamento ad impianti solari è invece ancora a livello di prototipi. In particolare risulta ancora frequente l'insorgere di problemi legati alla variabilità del flusso termico fornito dall'impianto solare al frigorifero. Esso comporta oltre ad una riduzione dell'efficienza globale, anche la possibilità di danneggiamento di alcuni componenti. Inoltre, l'area dei collettori da installare per garantire l'energia termica richiesta può essere troppo elevata per assicurare l'economicità del progetto.
Le macchine disponibili sul mercato lavorano con miscele acqua-bromuro di litio o con acqua-ammoniaca, miscela discussa per la pericolosità dell'ammoniaca e perché lavora a pressioni elevate. Macchine che usano coppie di lavoro differenti sono attualmente solo in fase di ricerca.
Nel settore civile e nel terziario le macchine ad assorbimento dovrebbero servire sia alla produzione di calore per la climatizzazione, che per riscaldare l'acqua sanitaria.
Un interessante sistema di utilizzazione dei frigoriferi ad assorbimento è attuato attraverso il loro accoppiamento a gruppi di cogenerazione. In questo modo è possibile utilizzare al meglio il calore

generato dall'impianto anche nei mesi caldi, aumentando l'economicità del progetto. Tuttavia una verifica economico-energetica è sempre necessaria, soprattutto in ragione dell'elevato costo degli impianti.

1.2.5 Sistemi a cicli di deumidificazione di sostanze disseccanti

Un altro sistema per la produzione di freddo sfruttando direttamente del calore è attuato con cicli di deumidificazione adiabatica dell'aria. In pratica, una corrente d'aria prelevata dall'esterno viene deumidificata utilizzando una sostanza disseccante (gel di silice, cloruri di litio e di calcio, ecc.) con la quale è posta in contatto. L'aria calda e asciutta che si ottiene è quindi raffreddata in uno scambiatore di calore ad aria per ottenere aria quasi a temperatura ambiente e asciutta che viene raffreddata evaporativamente e utilizzata.

L'aria di ritorno dall'ambiente raffrescato viene saturata in un evaporatore per ottenere aria umida fredda che viene poi riscaldata prima in uno scambiatore di calore e successivamente da un generatore di calore esterno allo scopo di rigenerare la sostanza disseccante prima di essere espulsa all'esterno.

L'integrazione fra questo tipo di processi e gli impianti solari è possibile anche in questo caso perché il calore richiesto per la rigenerazione della sostanza disseccante può essere fornito da questi ultimi.

I valori di Coefficiente di Effetto Utile attualmente raggiunti da sistemi per lo più sperimentali variano fra 0.4 e 0.5 con valori i più bassi quando si usano disseccanti solidi e più alti in cicli che utilizzano disseccanti liquidi.

2. Gli impianti di riscaldamento

Ogni anno in Italia, per riscaldare le abitazioni vengono bruciati circa 14 miliardi di metri cubi di gas, 6.5 miliardi di litri di gasolio, oltre 2.4 milioni di tonnellate di combustibili solidi come carbone o legna. Si riversano così in atmosfera circa 370.000 tonnellate di sostanze inquinanti come ossidi di zolfo, di azoto, di carbonio, ecc.
Il riscaldamento è infatti, dopo il traffico, la maggiore causa dell'inquinamento delle nostre città.
Indipendentemente dal tipo di impianto installato e dal tipo di combustibile utilizzato, in questa relazione si intende fornire indicazioni utili per la gestione dell'impianto di riscaldamento e per le scelte più appropriate nel caso di cambiamento o innovazioni.
Considerando i sistemi di riscaldamento, è consueto che non vengano soddisfatti i requisiti di efficienza per ragioni riconducibili principalmente all'età dell'impianto, al sovradimensionamento della caldaia o a comportamenti disattenti degli utenti.
A parte le nuove installazioni, che in generale sono caratterizzati da una maggiore efficienza rispetto a quindici anni fa, un elevato potenziale di risparmio è dato, come vedremo, dall'incremento delle prestazioni e dal miglior controllo degli impianti esistenti che non saranno sostituiti nei prossimi anni.
Infatti, l'errato controllo e regolazione dell'impianto di riscaldamento spesso causa sbilanci nella distribuzione del calore. Una corretta gestione di tutto il sistema di riscaldamento (regolazione, distribuzione, combustione, ecc..) può portare, da solo, ad un risparmio di energia primaria del 15%.

Di recente tutta la normativa che riguarda la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti di riscaldamento è stata modificata con l'obiettivo di contenere i consumi di energia.
La legge 10/91 ed i successivi decreti di attuazione, in particolare il D.P.R. 412/93 e il successivo aggiornamento - D.P.R. 551/99 (vedi allegato), hanno trasformato i più recenti criteri tecnici per l'uso razionale dell'energia in disposizioni alle quali tutti devono attenersi.

Le parti principali che compongono un impianto termico sono:

- La caldaia
- La rete di distribuzione
- I terminali di erogazione (radiatori, ventilconvettori)
- I sistemi di regolazione (termostati, valvole, ecc)

Un sistema di riscaldamento ambientale, adottando una schematizzazione semplificata, può essere caratterizzato dal punto di vista energetico da quattro rendimenti fondamentali:

- Il rendimento di produzione ηp
- Il rendimento di regolazione ηr
- Il rendimento di distribuzione ηd
- Il rendimento di emissione ηe

Il rendimento **di produzione** è dato dal rapporto tra l'energia termica fornita dal sistema di produzione e il relativo fabbisogno di energia primaria (combustibile)
Il rendimento **di regolazione** è un parametro che esprime la deviazione tra la quantità di energia richiesta in assenza o in presenza di una regolazione reale rispetto a quella richiesta in condizioni ideali (regolazione perfetta)
Il rendimento **di distribuzione**, caratterizza l'influenza della rete di distribuzione sulle perdite di energia termica non direttamente cedute agli ambienti da riscaldare.

Infine, il rendimento **di emissione** caratterizza l'influenza che ha il terminale di erogazione dell'energia termica all'ambiente (ad esempio un radiatore o un ventilconvettore) sulla quantità di energia che il terminale di erogazione deve fornire per mantenere le condizioni termiche prefissate.

Il rendimento complessivo di trasformazione dell'energia primaria delle fonti energetiche in energia utile a soddisfare il fabbisogno termico per la climatizzazione invernale è, in tale schema semplificato, dato dal prodotto dei quattro rendimenti fondamentali sopra riportati ed è indicato con il nome di **rendimento globale hg** e funge, quindi da indicatore dell'efficienza dell'intero sistema che comprende l'involucro edilizio la caldaia, la rete di distribuzione, i termosifoni ed i sistemi di regolazione.
Per caratterizzare al meglio dal punto di vista energetico il sistema di riscaldamento, occorrerà inoltre conoscere non tanto il valore puntuale, ma il **valore medio stagionale** di tali rendimenti, riferito cioè al periodo annuale di esercizio. Le indicazioni e le metodologie per il calcolo corretto di tali parametri sono forniti dalla norma UNI 10348.
Per quanto riguarda il rendimento medio stagionale degli impianti di riscaldamento, la legge 10/91 ed il suo decreto attuativo DPR 412/93 e relativo aggiornamento (DPR 551/99), prescrivono per gli impianti termici asserviti al riscaldamento ambientale precisi limiti prestazionali che possono essere utilizzati come valori obiettivo. Infatti l'art. 5, comma 1 del succitato decreto, impone che per gli impianti termici di **nuova installazione** nonché quelli sottoposti a **ristrutturazione** che siano dimensionati in modo da assicurare che il suo valore sia non inferiore al valore ricavabile dalla seguente espressione:

$$\eta g = (65+3*\log(Pn))\%$$

dove log(Pn) è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale(vedi par. seguente per la definizione di tale parametro) del generatore o complesso di generatori al servizio del singolo impianto termico, espressa in kW.
Il dimensionamento degli impianti termici deve avvenire in relazione a:

- Valore massimo della temperatura prevista
- Caratteristiche climatiche della zona
- Caratteristiche termofisiche dell'edificio
- Regime di conduzione in base agli obblighi di intermittenza-attenuazione

L'art.4 del succitato DPR, definisce i valori massimi della temperatura ambiente per le diverse classi di edifici. In generale si stabilisce che, durante la stagione di riscaldamento, la temperatura media degli ambienti delle abitazioni non superi i 20°C (con una tolleranza di 2°C)
Il periodo dell'anno nel quale è consentito tenere in funzione gli impianti di riscaldamento e il numero massimo di ore di accensione dipendono dal clima della località di ubicazione e dalla destinazione d'uso(vedi art.9)

	Gradi Giorno	**Periodo riscaldam.**	**Ore max giornaliere**
A	< 600	1/12 – 15/3	6
B	601-900	1/12 – 31/	8
C	901-1400	15/11 – 31/3	10
D	1401-2100	1/11 – 15/4	12
E	2101-3000	15/10 – 15/4	14
F	> 3000	Nessuna limitazione	Nessuna limitazione

L'orario giornaliero di riscaldamento può essere frazionato in due o più periodi ma l'impianto deve essere spento, di notte, tra le 23 e le 5.

Appare chiaro quindi, che l'impianto termico dovrà essere strutturato e dimensionato in funzione dell'edificio servito in modo tale da costituire con esso un unico sistema che deve essere quanto più efficiente dal punto di vista energetico.

2.1 La caldaia

La caldaia è il cuore di un impianto di riscaldamento, dove il combustibile viene bruciato per scaldare l'acqua o l'aria (fluido termovettore) che circolerà poi nell'impianto. E' in generale costituita da un bruciatore che miscela l'aria con il combustibile e alimenta una camera di combustione, da una serie di tubi attraverso i quali i fumi caldi prodotti scaldano il fluido termovettore e infine da un involucro di materiale isolante protetto da una lamiera.
L'energia contenuta nel combustibile viene in gran parte trasferita al fluido termovettore, ed in parte dispersa dal corpo stesso della caldaia
Ogni caldaia è caratterizzata da:

- Una potenza termica del focolare che indica la quantità di calore sviluppata, ogni ora, nella camera di combustione
- Una potenza termica utile, che indica la quantità di calore effettivamente trasferita, ogni ora, al fluido termovettore (normalmente indicata con Pn)

Più vicini sono i valori della potenza al focolare e della potenza utile, minori risulteranno le perdite di calore e quindi più elevato sarà il rendimento della caldaia.

L'installazione di nuove caldaie per il riscaldamento degli ambienti o per la produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS) generalmente viene eseguita alla fine del tempo medio di vita dei dispositivi esistenti (circa 15 – 20 anni).
Di seguito verranno presentate le principali tecnologie ad oggi disponibili sul mercato, per quanto riguarda i generatori ad alta efficienza.

Bruciatori a bassa temperatura

Mentre i sistemi di riscaldamento installati prima del 1985 lavorano a temperature anche superiori ai 110 °C, la nuova generazione di caldaie a bassa temperatura sono progettate per una temperatura massima di 75°C. La temperatura dei gas esausti inoltre, è scesa da 250°C a 110 – 150°C. Temperature di esercizio inferiori portano ad una ulteriore riduzione delle perdite di calore da parte dei gas esausti e per via radiativa. L'efficienza dei bruciatori a bassa temperatura raggiunge il 90%. Per i bruciatori atmosferici è possibile il controllo dell'aria e della portata del combustibile, con conseguente riduzione della capacità della caldaia entro certi limiti senza diminuzione di efficienza anche per capacità inferiori a quella di progetto (modulazione).
In casi molto rari la temperatura inferiore del fluido termovettore può comportare un cambiamento dei corpi scaldanti (radiatori). Tuttavia, nella maggior parte degli edifici esistenti, i radiatori sono sovradimensionati e, un sistema di riscaldamento ben bilanciato, è in grado di fornire sufficiente energia anche a basse temperature.

Bruciatori a condensazione

Nei bruciatori a condensazione dei gas esausti è inserito un secondo scambiatore di calore che può operare a temperature inferiori ai 40°C. La temperatura di gas esausti (tra cui anche vapore d'acqua) scende al di sotto del punto corrispondente al passaggio di fase e quindi condensa. L'energia termica utile quindi aumenta grazie al calore latente ceduto dall'acqua durante la condensazione. A causa delle basse temperature di esercizio, le caldaie a condensazione sono caratterizzate da perdite ridotte, sia da parte dei gas esausti, sia dai bassi livelli di scambio radiativo. L'efficienza, che normalmente è legata al potere calorifico del combustibile può raggiungere il 107%. Le caldaie a condensazione possono modulare la propria capacità fino a 20 – 30 volte rispetto alla capacità di progetto.

gas di scarico fusibile del corrente valvole del gas di scarico termostato valvola magnetica valvola del gas di accensione gas regolatore di pressione tubo del gas di accensione termocoppia bruciatore	**Caldaia a bassa temperatura con bruciatore atmosferico** Massima efficienza: 83 - 88 %
andata scambiatore di calore gas di scarico bruciatore a tirata forzata ritorno scarico del condensato	**Caldaia a bassa temperatura con tiraggio forzato** Massima efficienza: 88 -90 %
andata primo scambiatore di calore camera di combustione bruciatore a tirata forzata secondo scambiatore di calore gas di scarico scarico del condensato ritorno	**Caldaia a condensazione con tiraggio forzato** Massima efficienza: 103 - 107%

Caldaie a gas

Nella tabella seguente sono riportati due esempi di incremento delle prestazioni per due differenti tipi standard di impianti termici. E' riportato inoltre il risparmio energetico ottenibile. I costi del sistema sono relazionati all'area da scaldare. Costi addizionali sono da considerare solo per le caldaie a condensazione confrontate con quelle a bassa temperatura.

Sistema di riscaldamento	Consumo specifico (gas naturale/gasolio)			Consumo di energia elettrica per ACS	Risparmio di combustibile	Risparmio di energia elettrica	Costi (costi addizionali)
	rh	**ACS**	**totale**				
	kWh/m² a	**kWh/m² a**	**kWh/m² a**	**kWh/m² a**	**kWh/m² a (%)**	**kWh/m² a (%)**	**L./m²**
Riscaldamento tramite caldaia a gas, produzione elettrica ACS $\eta_{gas\ heater}$=0.8 $\eta_{el.\ boiler}$=0.95	252	0	252	33			
Riscaldamento e ACS tramite una **caldaia a gas a bassa temperatura** η_{tot}=0.85	224	34	258	0	- 6 (- 2 %)	33 (100%)	62.500 **)
Produzione centralizzata di calore e ACS per una casa multifamiliare, caldaia atmosferica, ca. 12 anni di funzionamento η_{tot}=0.6	336	52	388	0			
Produzione centralizzata di calore e ACS per una casa multifamiliare, **caldaia a condensazione** η_{tot}=0.8	252	39	291	0	97 (25 %)	0	13.500

- rh: room heating (riscaldamento ambienti)
- ACS: Acqua Calda Sanitaria
- Energia specifica fornita in relazione all'area scaldata
- Edificio standard No. 1, Tabella 5

*) Gli impianti termici standard negli edifici esistenti sono generalmente impianti murali a gas per singoli appartamenti oppure impianti centralizzati per l'intero edifico. Per l'ACS spesso vengono utilizzati piccoli boiler elettrici installati direttamente all'interno delle singole unità immobiliari.

**) Costo della nuova caldaia e dell'installazione della rete di distribuzione per ACS.

Le caldaie di nuova installazione devono avere rendimenti piuttosto elevati che sono fissati dalla legge sia per il funzionamento a pieno regime sia per il funzionamento al 30% della potenzialità massima.
In particolare, l'art. 6 del DPR 551/99 stabilisce che per potenze nominali pari o inferiori a 400 kW il "rendimento termico utile" debba essere conforme a quanto previsto dal DPR 660/96, che stabilisce rendimenti diversi a seconda di caldaie standard, a bassa temperatura o a condensazione. I generatori di potenza superiore ai 400 kW devono rispettare i limiti di rendimento fissati dal medesimo decreto per le caldaie di potenza pari a 400 kW. I generatori di calore ad aria calda devono invece avere un rendimento di combustione non inferiore ai valori riportai nell'allegato E del DPR 412/93.
La tabella seguente mostra, a titolo d'esempio, alcuni valori per i rendimenti minimi di legge che possono servire da confronto per valutare le prestazioni di una caldaia.

		Rendimento a potenza nominale			Rendimento a carico parziale	
Pn	caldaie standard con t(acqua) = 70°	caldaie a bassa temperatura con t(acqua) = 70°	caldaie a gas a condensazione con t(acqua) = 70°	caldaie standard con t(acqua) = 50°	caldaie a bassa temperatura con t(acqua) = 40°	caldaie a gas a condensazione con t(acqua) = 30°
kW	84+2logPn	87,5+1,5log Pn	91+1logPn	80+3logPn	87,5+1,5logPn	97+1logPn
4	85,2	88,4	91,6	81,8	88,4	97,6
6	85,6	88,7	91,8	82,3	88,7	97,8
10	86,0	89,0	92,0	83,0	89,0	98,0
15	86,4	89,3	92,2	83,5	89,3	98,2
20	86,6	89,5	92,3	83,9	89,5	98,3
25	86,8	89,6	92,4	84,2	89,6	98,4
30	87,0	89,7	92,5	84,4	89,7	98,5
35	87,1	89,8	92,5	84,6	89,8	98,5
40	87,2	89,9	92,6	84,8	89,9	98,6
45	87,3	90,0	92,7	85,0	90,0	98,7
50	87,4	90,0	92,7	85,1	90,0	98,7
55	87,5	90,1	92,7	85,2	90,1	98,7
60	87,6	90,2	92,8	85,3	90,2	98,8
65	87,6	90,2	92,8	85,4	90,2	98,8
70	87,7	90,3	92,8	85,5	90,3	98,8
75	87,8	90,3	92,9	85,6	90,3	98,9
80	87,8	90,4	92,9	85,7	90,4	98,9
85	87,9	90,4	92,9	85,8	90,4	98,9
90	87,9	90,4	93,0	85,9	90,4	99,0
95	88,0	90,5	93,0	85,9	90,5	99,0
100	88,0	90,5	93,0	86,0	90,5	99,0
110	88,1	90,6	93,0	86,1	90,6	99,0
120	88,2	90,6	93,1	86,2	90,6	99,1
130	88,2	90,7	93,1	86,3	90,7	99,1
140	88,3	90,7	93,1	86,4	90,7	99,1
150	88,4	90,8	93,2	86,5	90,8	99,2
160	88,4	90,8	93,2	86,6	90,8	99,2
170	88,5	90,8	93,2	86,7	90,8	99,2
180	88,5	90,9	93,3	86,8	90,9	99,3
190	88,6	90,9	93,3	86,8	90,9	99,3
200	88,6	91,0	93,3	86,9	91,0	99,3

210	88,6	91,0	93,3	87,0	91,0	99,3
220	88,7	91,0	93,3	87,0	91,0	99,3
250	88,8	91,1	93,4	87,2	91,1	99,4
260	88,8	91,1	93,4	87,2	91,1	99,4
270	88,9	91,1	93,4	87,3	91,1	99,4
280	88,9	91,2	93,4	87,3	91,2	99,4
290	88,9	91,2	93,5	87,4	91,2	99,5
300	89,0	91,2	93,5	87,4	91,2	99,5
310	89,0	91,2	93,5	87,5	91,2	99,5
320	89,0	91,3	93,5	87,5	91,3	99,5
330	89,0	91,3	93,5	87,6	91,3	99,5
340	89,1	91,3	93,5	87,6	91,3	99,5
350	89,1	91,3	93,5	87,6	91,3	99,5
360	89,1	91,3	93,6	87,7	91,3	99,6
370	89,1	91,4	93,6	87,7	91,4	99,6
380	89,2	91,4	93,6	87,7	91,4	99,6
390	89,2	91,4	93,6	87,8	91,4	99,6
400	89,2	91,4	93,6	87,8	91,4	99,6

DPR 660/96, allegato IV

Il comma 3 dell’art. 5 del medesimo DPR impone inoltre, nel caso di sostituzione di una caldaia che il “rendimento di produzione medio stagionale”[5] risulti non inferiore al seguente valore

$\eta p = (77+3\log Pn)\%$

A causa di una cattiva installazione o di una inadeguata manutenzione o anche solo perché sovradimensionata, una caldaia può presentare consumi di combustibile superiori anche del 10% rispetto a quelli di un corrispondente apparecchio nuovo o ad alto rendimento.
Infatti, una caldaia più grande del necessario spreca energia: specialmente nelle stagioni intermedie, essa raggiunge rapidamente la temperatura prefissata e quindi ha lunghi e frequenti periodi di spegnimento durante i quali disperde il calore dal mantello e attraverso il camino. Quindi, se si considera l’intera stagione di riscaldamento, la sua efficienza globale non è elevata, cioè il suo rendimento stagionale è basso.
La scelta della potenza di una caldaia da installare o da sostituire è una scelta importante e deve essere fatta da un professionista qualificato ed attento ai problemi energetici.

A questo proposito, la normativa da indicazioni precise; nei comma 5 e 6 del medesimo articolo è previsto in particolare quanto segue:

- Se la potenza necessaria a scaldare l’edificio supera i 350 kW, è necessario installare due o più caldaie. In questo modo si evita che caldaie molto grandi lavorino, in particolare nelle stagioni intermedie, a basso regime e quindi con bassi valori di rendimento.

[5] Definito come: rapporto fra energia termica utile generata ed immessa nella rete di distribuzione e l’energia primaria delle fonti energetiche, compresa l’energia elettrica, con riferimento al periodo annuale di esercizio (art.9)

- Per produrre acqua calda per usi sanitari è necessaria una caldaia con potenza molto superiore a quella sufficiente per il riscaldamento.
  Per evitare sovradimensionamenti, nelle nuove installazioni, non è più ammessa la produzione di acqua calda dalla stessa caldaia destinata al riscaldamento, con l'eccezione degli impianti individuali.

Come già sottolineato, anche una corretta installazione e posizionamento della caldaia possono contribuire ad una maggiore efficienza di funzionamento. In generale è bene che ogni caldaia sia installata in un locale idoneo, di dimensioni adeguate e con un ricambio d'aria sufficiente a reintegrare l'ossigeno consumato dalla combustione.

Per quanto riguarda in particolare le caldaie individuali, è opportuno che siano isolate rispetto all'ambiente interno: pertanto quelle che sono montate in locali di abitazione devono essere del tipo stagno, cioè costruite in modo che l'aria necessaria alla combustione venga presa dall'esterno tramite un tubo, e i fumi vengano evacuati sempre all'esterno. Le caldaie atmosferiche (o a fiamma libera) nelle quali la fiamma è a contatto con l'ambiente in cui sono poste e che quindi ne consumano l'aria, devono essere installate all'esterno o in locali non abitati.
Quelle a gas già esistenti, possono rimanere installate all'interno delle abitazioni, purchè nella stanza ci siano prese d'aria, non ostruibili, praticate in una parete esterna o verso locali adiacenti dotati, a loro volta, di prese d'aria esterna. Le dimensioni di queste prese d'aria devono essere calcolate da un tecnico tenendo conto di tutti gli altri eventuali apparecchi di combustione installati nel locale stesso.

Per sfruttare al meglio l'energia contenuta nel combustibile ed ottenere così un miglioramento delle prestazioni dei generatori ai fini del risparmio energetico è necessaria una accurata e periodica azione di controllo secondo le indicazioni in genere fornite dal costruttore nel libretto di uso e manutenzione.

- **Controllo della temperatura dei fumi che fuoriescono dal camino**
  Se la temperatura dei fumi è troppo alta la causa può essere ricercata nelle incrostazioni delle superfici di scambio termico all'interno della caldaia; queste infatti, ostacolano il riscaldamento dell'acqua che circola nei radiatori ed il calore prodotto viene in parte disperso attraverso i fumi.
- **Pulizia della caldaia**
  Anche un piccolo spessore di fuliggine nei canali che portano il fumo, causa una sensibile riduzione del rendimento dell'impianto.
- **Regolazione della combustione del bruciatore**
  Un bruciatore mal regolato oppure non perfettamente adeguato alla caldaia è causa sicura di notevole spreco di energia. Inoltre, parte del combustibile non viene totalmente bruciato e particelle incombuste fuoriescono dal camino inquinando l'ambiente circostante.
- **Verifica di una adeguata ventilazione**

Indispensabile risulta inoltre una verifica periodica del grado di efficienza della caldaia, attraverso la misurazione della temperatura dei fumi che fuoriescono, del loro contenuto di ossigeno, di monossido di carbonio, di anidride carbonica, di particelle incombuste. I valori rilevati servono per calcolare il rendimento di combustione.
A questo proposito le normative vigenti danno indicazioni precise.
L'art. 31, comma 3 della legge 10/91 ripreso nel significato e specificato nel contenuto tecnico dall'art. 11 del DPR 412/93 e relativa integrazione (DPR 551/99), impongono la verifica del rendimento di combustione almeno due volte all'anno, normalmente all'inizio a metà del periodo di

riscaldamento, per i generatori con potenza nominale superiore o uguale a 350 kW e almeno con periodicità biennale per i generatori con potenza inferiore.
In particolare il comma 14 del medesimo articolo, specifica che il rendimento di combustione, rilevato come specificato nella norma UNI 10389 sia:

- Per i generatori ad acqua calda installati prima del 29/10/1993, non inferiore di tre punti percentuali rispetto al valore minimo del rendimento termico utile alla potenza nominale previsto dall'art.6 per caldaie standard della medesima potenza
- Per i generatori ad acqua calda installati a partire dal 29/10/1993, non inferiore al valore minimo del rendimento termico utile alla potenza nominale

Se il rendimento della caldaia, misurato con le analisi strumentali, scende al di sotto di tali limiti, si deve intervenire con opere di manutenzione e nel caso queste non siano sufficienti, si dovrà procedere alla sostituzione della caldaia stessa.
Per le caldaie installate prima del 29/10/1993, i termini entro i quali devono essere sostituite le caldaie, sono fissati nel comma 15 del medesimo articolo, in base alla potenza ed alla zona climatica in cui è ubicato l'edificio.

Potenza caldaia	**Zona climatica**	**Termine per la sostituzione**
< 350 kW	A B C D	30/9/1996
< 350 kW	E F	30/9/1995
>= 350 kW	tutte	30/9/1994

I generatori installati dopo il 29/10/1993, che non corrispondono ai valori minimi di rendimento neanche in seguito a interventi di manutenzione, devono invece essere sostituite entro 300 giorni dalla data di verifica.
Nel caso di caldaie molto vecchie, con più di 12-15 anni di vita, macchine vecchie e tecnologicamente superate, anche se in regola con la normativa, qualora il rendimento fosse prossimo ai valori limite, i consumi potrebbero essere di notevole entità: è conveniente in ogni caso non aspettare e provvedere il prima possibile alla sostituzione con una caldaia ad alta efficienza.

2.2 La rete di distribuzione.

La rete di distribuzione di un impianto di riscaldamento è costituita essenzialmente dall'insieme delle tubazioni di mandata e di ritorno che collegano la caldaia ai termosifoni. Generalmente, negli impianti di riscaldamento di edifici civili, l'acqua cada (tra i 50 °C ed i 90°C) partendo dalla caldaia, percorre le tubazioni di mandata, riscalda i radiatori e quindi l'ambiente, e ritorna a temperatura più fredda alla caldaia stessa.

Impianti a colonne montanti
Gli impianti a colonne montanti sono costituiti da un anello, formato da una tubazione di mandata e una di ritorno, che percorre la base dell'edificio. Dall'anello si dipartono delle colonne montanti che alimentano i vari radiatori posti sulla stessa verticale ai vari piani dell'edificio.
Fino a pochi anni fa tale tipologia era molto diffusa perché consentiva di realizzare economie in fase di costruzione; più difficilmente però permette di ottimizzare la gestione dell'impianto specialmente quando si hanno diverse utilizzazioni delle varie zone dell'edificio.

Impianti a zone

Tale tipo di impianti è realizzato in modo tale che ad ogni zona dell'edificio, ad ogni piano o ad ogni singolo alloggio è dedicata una parte della rete di distribuzione. Con questo tipo di impianto è possibile gestire in maniera diversificata le varie zone, non riscaldando, ad esempio, quelle che in un dato periodo, non sono occupate.

Per questo tale tipologia impiantistica è diventata obbligatoria in tutti gli edifici nuovi o nelle ristrutturazioni, laddove esistono zone con diverse utilizzazioni come, ad esempio, nel caso di edifici destinati in parte ad uffici o a negozi ed in parte ad abitazioni (DPR 412/93, art.5-comma 12)

Coibentazione

Per limitare le dispersioni, le tubazioni della rete di distribuzione è opportuno siano protette da un adeguato strato di materiale isolante, il cui spessore, fissato dalla normativa, dipende dal diametro della tubazione, dal tipo di isolante e dalla parete che viene attraversata.

Nella tabella seguente viene riportato lo spessore minimo di materiale isolante (solitamente poliuretano espanso con conduttività termica utile di 0.034 W/m°C) che deve rivestire le tubazioni di un impianto nei tre casi previsti dalla normativa:

- Tubazioni poste all'esterno o in vani non riscaldati o in murature esterne non isolate
- Tubazioni verticali poste in murature isolate
- Tubazioni poste in strutture tra ambienti riscaldati
-

Dimensioni tubo	**Spessore dell'isolante**		
Diametro esterno (mm)	**Murature esterne (mm)**	**Murature isolate (mm)**	**Strutture interne (mm)**
Fino a 20	15	12.5	4.5
Da 20 a 39	23	11.5	7
Da 40 a 59	31	15.5	9.5
Da 60 a 79	39	19.5	12
Da 80 a 99	44	22	13.5
> 100	48	24	14.5

2.3 I radiatori

I radiatori sono i terminali dell'impianto attraverso il quale il calore contenute nel fluido termovettore viene ceduto all'ambiente da riscaldare. Sono chiamati comunemente termosifoni e costituiscono la parte più visibile ed accessibile dell'impianto di riscaldamento.

Possono essere in ghisa, acciaio o alluminio. I primi mantengono più a lungo il calore e continuano ad emetterlo anche quando l'impianto è spento. Essi però sono più ingombranti e impiegano più tempo a scaldarsi. I radiatori in alluminio e in acciaio hanno il vantaggio di scaldarsi rapidamente e di essere meno ingombranti; tendono però a raffreddarsi più in fretta.

La caratteristica fondamentale dei radiatori è la superficie di scambio termico con l'ambiente: più è grande, maggiore la quantità di calore che il radiatore può cedere all'ambiente circostante. I modelli più recenti sono dotati di alette e di setti interni che ne aumentano la superficie di scambio. A seconda del tipo radiatori con uguali dimensioni esterne possono avere, dunque, prestazioni diverse.

Nel caso di alloggi abitati saltuariamente, invece dei radiatori tradizionali, sono più indicati i convettori ventilati, nei quali l'aria che si scalda a contatto con le superfici calde viene mossa da un ventilatore azionato elettricamente. Questo fa in modo che l'ambiente si scaldi più rapidamente.

Qualunque sia il tipo di radiatore è importante non ostacolare la circolazione dell'aria attorno; è dunque errato mascherare i termosifoni con copritermosifoni o nasconderli dietro tendaggi.
Inoltre, se il radiatore è posto su una parete che da verso l'esterno, per esempio nel vano sottofinestra, è consigliabile inserire tra questo ed il muro un pannello di materiale isolante possibilmente con la parte riflettente rivolta verso l'interno del locale.

2.4 I sistemi di regolazione

La progettazione di un impianto di riscaldamento e la scelta della potenza della caldaia, si devono basare sul calcolo delle dispersioni termiche dell'intero edificio servito, in presenza di determinate condizioni climatiche e a seconda dell'esposizione. L'impianto, infatti, deve essere dimensionato in modo tale che si possa assicurare il maggior comfort interno anche in presenza di punte eccezionali di freddo e comunque alle temperature minime medie della zona.
In pratica queste condizioni climatiche si verificano per un periodo relativamente breve durante la stagione di riscaldamento. Se si continuasse a fornire all'edificio la medesima quantità di calore, indipendentemente dalla temperatura esterna, si potrebbe avere un surriscaldamento degli ambienti interni e di conseguenza uno spreco di energia.
I sistemi di regolazione hanno dunque lo scopo di mantenere la temperatura all'incirca costante negli ambienti interni, indipendentemente dalle condizioni climatiche esterne.
La regolazione può essere effettuata in diversi modi, a seconda del tipo di impianto, al grado di precisione e di automatismo che si desidera raggiungere.

Generalmente gli impianti di riscaldamento centralizzati che servono una pluralità di utenze possono essere dotati di una centralina di controllo con la quale è possibile:

- Impostare i tempi di accensione dell'impianto stesso
- Regolare automaticamente la temperatura di mandata dell'acqua ai radiatori sulla base della temperatura esterna, rilevata con una sonda. La centralina agisce su di una valvola che miscela l'acqua di mandata con quella fredda di ritorno.

Quindi, al variare della temperatura esterna, si può con una certa approssimazione, mantenere costante la temperatura interna dell'edificio.

Nel caso di edifici nuovi o di ristrutturazioni di impianti termici, è obbligatoria a norma di legge (DPR 412/93, art.7, comma 2) nel caso in cui la potenza del generatore sia uguale o superiore a 35 kW, l'installazione di centraline di termoregolazione dotate di programmatore che diano la possibilità di regolare la temperatura ambiente almeno su due livelli sigillabili (giorno e notte). Il gruppo termoregolatore deve essere pilotato da una sonda di rilevamento della temperatura esterna.

La regolazione degli impianti centralizzati, intervenendo solo sulla temperatura dell'acqua dei radiatori, non tiene conto del fatto che, se l'impianto non è ben progettato ed equilibrato, nelle differenti zone dell'edificio spesso si hanno temperature diverse come accade spesso tra il primo e l'ultimo piano, tra le facciate esposte a sud e quelle a nord, tra gli appartamenti ad angolo e quelli interni, ecc.
Spesso, per assicurare un buon comfort agli ambienti più freddi viene aumentata la temperatura dell'acqua di mandata, con il risultato di surriscaldare quelli invece più caldi e di sprecare energia.

Negli impianti che servono una unità immobiliare singola o edifici o porzioni di edifici che in relazione alla loro destinazione d'uso sono soggetti ad una occupazione discontinua, è consigliabile l'installazione di un programmatore che consente automaticamente lo spegnimento, l'accensione o il funzionamento in regime di attenuazione della caldaia in base a:

- La temperatura ambiente che si sceglie (termostato)
- La temperatura ambiente ed orari prefissati (cronotermostato)

Con questo sistema di regolazione, si riesce a mantenere la temperatura costante al variare delle condizioni climatiche esterne. Inoltre è possibile scegliere orari di accensione più adatti alle diverse esigenze di chi occupa l'alloggio, sempre ovviamente nel rispetto degli orari e delle temperature fissate dalla legge.
Anche negli impianti individuali, negli edifici di nuova costruzione o nel caso di ristrutturazione, è obbligatorio l'uso di cronotermostati regolabili su due livelli di temperatura.

2.5 Valvole termostatiche

E' possibile regolare la temperatura di ogni singolo ambiente per sfruttare anche gli apporti gratuiti di energia, cioè quelli dovuti, per esempio, alla presenza di molte persone, alla radiazione solare attraverso le finestre, agli elettrodomestici in funzione.
Per ogni radiatore, al posto della valvola manuale, si può installare una valvola termostatica per regolare automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata su un'apposita manopola graduata. La valvola si chiude a mano a mano che la temperatura ambiente, misurata da un sensore, si avvicina a quella desiderata, consentendo di dirottare ulteriore acqua calda verso i radiatori, ancora aperti.
In questo modo si può consumare meno energia nelle giornate più serene, quando il sole è sufficiente per riscaldare alcune stanze, oppure impostare una temperatura più bassa nelle stanze da letto e una più alta in bagno o anche lasciare radiatori aperti al minimo quando si esce. Le valvole termostatiche, installate negli impianti centralizzati hanno anche una buona influenza sull'equilibrio termico delle differenti zone dell'edificio. Quando i piani più caldi arrivano a 20°C le valvole chiudono i radiatori consentendo un maggior afflusso di acqua calda ai piani freddi. Per l'installazione delle valvole termostatiche è consigliabile rivolgersi ad un professionista o ad una ditta qualificata.

Il risparmio di energia indotto dall'uso delle valvole termostatiche può arrivare fino al 20%. Proprio per questa ragione, salvo poche eccezioni, né è obbligatoria l'installazione negli edifici di nuova costruzione o nelle ristrutturazioni.(DPR 412/93-551/99, art.7, comma 7)
Nei modelli più recenti di radiatori, la valvola è già predisposta per ricevere una "testa" termostatica. In questo caso l'installazione è più agevole e costa dalle 30.000 alle 40.000 lire a radiatore. Se invece è necessario sostituire l'intera valvola, il costo si aggira sulle 120.000 lire, mano d'opera ed IVA comprese.

2.6 La contabilizzazione.

Negli ultimi anni, anche per una maggiore diffusione del gas metano, molti hanno scelto di sostituire l'impianto centralizzato con impianti individuali. Questa tendenza è stata anche incentivata dalla legge 10/91 che ha stabilito che questa trasformazione, se finalizzata al risparmio energetico, può essere decisa dalla semplice maggioranza millesimale e non più dalla unanimità dei condomini.
Le ragioni di tale tendenza sono note: con un impianto autonomo si ha maggiore libertà nella gestione del riscaldamento, cioè nella scelta dei tempi e delle temperature, riuscendo così a risparmiare sensibilmente.
Esistono però anche alcuni svantaggi degli impianti autonomi: non si possono dividere le spese obbligatorie di manutenzione annuale; il rendimento delle caldaie è, in generale, minore di quello di una caldaia centralizzata, per cui, se viene tenuta accesa per lo stesso numero di ore, c'è il rischio di consumare più combustibile. Infine i costi di trasformazione possono essere molto onerosi.

E' bene ricordare che la trasformazione di un impianto centralizzato in autonomo, anche nel caso di un solo distacco, è considerata , per molti aspetti una ristrutturazione dell'impianto termico e quindi soggetta, oggi, al rispetto delle nuove norme e a molti più vincoli che in passato:

- Ogni caldaia individuale deve essere dotata di canna fumaria oltre il colmo del tetto
- La caldaia, se installata all'interno, deve essere del tipo stagno.
- Prima della trasformazione va presentato un progetto ed una relazione tecnica al Comune.

Queste ragioni rendono sempre più conveniente la scelta di mantenere l'impianto condominiale centralizzato installando un sistema di contabilizzazione del calore e applicando la ripartizione delle spese.
Con la contabilizzazione è possibile mantenere i vantaggi di un impianto centralizzato e contemporaneamente avere la libertà di scegliere le temperature e gli orari che più soddisfano le esigenze del singolo utente. Si può infatti gestire autonomamente il riscaldamento senza avere la caldaia in casa.
Si tratterà di installare un sistema di apparecchiature che misurano la quantità di calore effettivamente consumata in ogni appartamento e consentono di regolare la parte di impianto che serve ogni singola abitazione.
Oltre ad una quota fissa, stabilita in genere dall'assemblea condominiale (variabile dal 20% al 50%), ogni singolo utente pagherà solo il calore che realmente avrà consumato. In questo modo, il condomino che apporterà migliorie all'isolamento termico di pareti e finestre ne avrà degli immediati ritorni in termini di riduzione dei consumi e quindi dei costi.
I vantaggi della contabilizzazione del calore, dal punto di vista energetico, sono notevoli. E' per questo[6] che negli edifici di nuova costruzione la cui concessione edilizia sia stata rilasciata dopo il luglio 1991, gli impianti termici è devono essere realizzati o ristrutturati in modo da consentire l'adozione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione per ogni unità immobiliare.
In particolare (vedi DPR412/93 e relativa integrazione DPR 551/99 art. 7, comma 3), gli impianti termici degli edifici con concessione edilizia rilasciata dopo il 30 giugno 2000, devono essere dotati di sistemi di regolazione e contabilizzazione del consumo energetico per ogni singola unità.

Il tipo di apparecchiature da installare ed i relativi costi dipendono molto dal sistema di distribuzione dell'impianto e dal grado di automatismo nella gestione che si intende realizzare. Va detto inoltre che, nella maggior parte dei casi, le ditte che installano i sistemi offrono anche il servizio completo di assistenza e di lettura dei risultati della contabilizzazione fino alla consegna all'Amministratore delle tabelle con la ripartizione delle spese per ogni singolo appartamento.

Negli impianti a colonne montanti è necessario misurare quanta energia consumano, singolarmente, tutti i radiatori e quindi installare un contabilizzatore di calore su ogni radiatore.
Il sistema più semplice per gestire l'impianto secondo le proprie esigenze e ridurre i consumi, consiste nella sostituzione delle valvole manuali con valvole termostatiche in modo da regolare, ambiente per ambiente, la temperatura desiderata.
Con qualche lavoro si possono altresì installare valvole termostatiche motorizzate sui radiatori ed un interruttore orario (timer). Collegando elettricamente le valvole al timer si potranno aprire o chiudere i radiatori in base agli orari scelti. La regolazione di tali valvole assicura la temperatura desiderata, ambiente per ambiente.
La quantità di calore consumata da ogni radiatore e registrata dai contabilizzatori deve essere letta, periodicamente, da un tecnico incaricato dall'Amministrazione. Alcuni tra i sistemi più recenti permettono di evitare che la lettura sia fatta all'interno di ogni singolo appartamento: ogni contabilizzatore può infatti trasmettere via radio i dati ad una centralina, installata ad esempio nell'androne, dalla quale l'incaricato potrà leggere i dati di consumo relativi ad ogni appartamento.

[6] Legge 10/91, art. 26, comma 6

Negli impianti a zone, basterà invece installare un solo contabilizzatore per ogni appartamento. Con un cronotermostato (collegato ad una elettrovalvola sulla tubazione di mandata dell'acqua calda all'appartamento) potrà essere gestito autonomamente il calore.
In genere, l'elettrovalvola ed il contabilizzatore vengono installati in una cassetta di distribuzione posta sul pianerottolo. I contabilizzatori calcolano il calore consumato dall'appartamento misurando la portata e la temperatura dell'acqua di mandata e di quella di ritorno.

E' bene tener presente che l'installazione di un sistema di contabilizzazione del calore, soprattutto in edifici esistenti, deve essere affidata a ditte specializzate, che dovranno verificare l'adeguatezza della caldaia e dei radiatori.

Il risparmio di combustibile, anche in conseguenza della maggior attenzione dei condomini, è almeno del 20%
In un impianto a colonne montanti, per un appartamento con 8-10 radiatori, in un immobile di 20 alloggi, il costo dell'installazione va dalle 300.000 lire ad alloggio per il tipo più economico (ad evaporazione – con lettura annuale effettuata da parte di una ditta esterna del costo di 40.000 lire ad appartamento), al 1.200.000 lire per il sistema elettronico con lettura su singolo radiatore.
In un impianto a zone il costo del sistema per ogni appartamento si aggira intorno al 1.000.000 di lire, montaggio ed IVA compresi.
Se si desidera la centralizzazione dei dati, vanno considerate 200.000 lire circa in più di spesa per appartamento e circa altri 10 milioni di lire per la centralina condominiale (fino a 250 appartamenti collegabili)

Tipo di impianto	Sistema di contabilizz.	Costo di installazione (lire)	Risparmio annuo (lire)	Tempo di ritorno (anni)
ZONA CLIMATICA - Nord (Milano) Spesa riscaldamento 1.500.000 lire/anno				
A colonne	*A evaporazione*	500000*	260.000	2
	Elettronico	1200000**	300.000	4
A zone	*Centralina appartamento*	1000000***	300.000	3 a 4
	Centralina condominiale	1500000****	300.000	5 a 6
ZONA CLIMATICA – Centro (Roma) Spesa riscaldamento 1.050.000 lire/anno				
A colonne	*A evaporazione*	500000*	160.000	3 a 4
	Elettronico	1200000**	200.000	6
A zone	*Centralina appartamento*	1000000***	200.000	5
	Centralina condominiale	1500000****	200.000	7 a 8
ZONA CLIMATICA – Sud (Palermo) Spesa riscaldamento 650.000 lire/anno				
A colonne	*A evaporazione*	500000*	90.000	5 a 6
	Elettronico	1200000**	130.000	10
A zone	*Centralina appartamento*	1000000***	130.000	8
	Centralina condominiale	1500000****	130.000	> 10

*ipotesi di impianto a colonne con 10 radiatori per alloggio-lettura su singolo radiatore
** impianto a colonne con 10 radiatori per alloggio-sistema di misura elettronico-lettura su singolo radiatore
*** impianto a zone-centraline d'appartamento
**** impianto a zone-centraline d'appartamento condominiale (40 appartamenti)

2.7 Gestione e manutenzione.

Prima dell'entrata in vigore del DPR 412/93, la gestione degli impianti centralizzati era affidata all'Amministratore del condominio, che, a sua volta, incaricava un tecnico o una ditta specializzata di fiducia. Per gli impianti autonomi era il proprietario stesso, o l'affittuario, a spegnere e accendere, a regolare temperature ed orari, a decidere se e come fare la manutenzione.
Con il suddetto decreto ed in particolare nell'integrazione DPR 551/99, la normativa è diventata molto più precisa, attribuendo la responsabilità dell'esercizio e manutenzione dell'impianto ad un unico soggetto (vedi art.11)

Per gli impianti condominiali la responsabilità è dell'Amministratore; nel caso di impianti individuali, è di chi occupa l'alloggio a qualsiasi titolo, quindi non solo del proprietario ma , a seconda dei casi, dell'inquilino, dell'usufruttuario.
Il responsabile deve conoscere quali sono gli adempimenti di carattere amministrativo e tecnico che regolano gli aspetti di sicurezza e del risparmio e deve disporre affinchè questi vengano rispettati.
Tra i compiti del responsabile dell'impianto, oltre alle operazioni di manutenzione che vanno registrate sul "libretto di centrale" (libretto "di impianto" per gli impianti più piccoli) e che vanno effettuate con scadenza annuale, vi è il rispetto del periodo annuale di accensione, l'osservanza dell'orario prescelto nei limiti imposti dalla legge, il mantenimento della temperatura ambiente entro i 20°C .
L'Amministratore o l'occupante ha l'obbligo di affidare la manutenzione straordinaria e le verifiche strumentali periodiche ad una ditta specializzata (almeno qualificata ai sensi della legge 46/1990).
La legge prevede altresì la possibilità di delegare la responsabilità dell'impianto ad un altro soggetto, "il terzo responsabile", purchè questi sia dotato di sufficienti competenze tecniche ed organizzative. Il ruolo del terzo responsabile è incompatibile con il ruolo di fornitore di energia per il medesimo impianto, a meno che la fornitura sia effettuata nell'ambito di un "contratto servizio energia".[7]

[7] Atto contrattuale che disciplina l'erogazione dei beni e servizi necessari a mantenere le condizioni di comfort negli edifici nel rispetto delle leggi vigenti in materia di uso razionale dell'energia, di salvaguardia dell'ambiente, provvedendo nel contempo al miglioramento dei processi di trasformazione ed uso dell'energia (DPR 412/93, art. 1, comma 1 – lettera p))

2.8 Impianti solari termici per usi civili

L'Italia offre condizioni meteorologiche molto favorevoli all'uso dell'energia solare. La differenza dal nord al sud della radiazione solare è pari a circa il 40% e sta tra 1.200 e 1.750 kWh per m^2 per anno. In entrambi i casi, i valori di radiazione sono sufficienti per soddisfare la domanda procapite di ACS di una abitazione. In queste condizioni un sistema solare standard risparmia più dell'80% di energia necessaria per la preparazione di ACS e fino al 30% della domanda totale per ACS e per riscaldamento. Sotto queste condizioni favorevoli e grazie alla disponibilità della tecnologia sul mercato, l'Italia possiede un elevato potenziale tecnico ed economico per lo sfruttamento di tale fonte rinnovabile.
Di seguito verranno presentate le principali tecnologie legate allo sfruttamento dell'energia solare. Ricordiamo che l'argomento verrà trattato in maggior dettaglio e con gli opportuni approfondimenti tecnici nelle dispense relative al III MODULO del presente Corso (*Azioni per lo sviluppo delle fonti energetiche rinnovabili*)

2.8.1 L'uso del solare termico nelle abitazioni private

Il fabbisogno termico medio per la produzione di ACS nelle abitazioni private ammonta a circa 1.000 kWh all'anno. Poiché la domanda termica è pressoché costante nell'intero anno e risulta presente anche nei mesi estivi più caldi, la produzione di ACS è una delle applicazioni più adatte per i sistemi solari termici. L'area minima dei collettori solari varia tra 0,5 m^2/persona per le zone meridionali della penisola e 1 m^2/persona per le zone del nord. Nelle aree in cui non si verificano particolari gelate (ad esempio le zone meridionali), i sistemi migliori sono quelli con **collettore e accumulo integrato** e **sistema di termosifoni**.
Un collettore solare separato connesso, attraverso un circuito di circolazione, ad un accumulo localizzato all'interno dell'edificio, forma il **sistema a circolazione forzata** standard per la produzione di ACS. Questo tipo di sistema è adatto a collettori di grandi dimensioni e per edifici residenziali con impianto centralizzato e sistemi di distribuzione dell'acqua. In aree con significativi periodi di gelo, il circuito è riempito di fluido anti-gelo, proprio per evitare il congelamento del fluido termovettore all'interno degli scambiatori di calore.
In Italia la domanda termica per il riscaldamento degli ambienti varia molto dalle zone montuose del nord alle zone mediterranee della costa meridionale. I moderni ed efficienti sistemi combinati per la produzione di ACS e per il riscaldamento domestico, detti anche sistemi combi, rendono possibile l'uso dell'energia solare anche per il riscaldamento degli ambienti, sebbene l'insolazione durante il periodo di riscaldamento sia molto minore rispetto a quella dei mesi estivi. L'uso dei sistemi combi è raccomandata in qui casi in cui sono già state effettuate altre azioni passive di risparmio e dove sono presenti sistemi di riscaldamento a bassa temperatura. L'area necessario per il collettore si aggira attorno a 1,5 – 3 m^2/kW di potenza termica nominale.

Impianti di riscaldamento solari di medie e grandi dimensioni

Sistemi di riscaldamento solari di grandi dimensioni, con area dei collettori variabile tra 100 m^2 e 1.000 m^2, possono essere applicati in grandi edifici multifamigliari, blocchi di edifici con rete di distribuzione del calore, ospedali, residenze per anziani, ostelli e in alcuni settori turistici. Sistemi di grandi dimensioni di questo tipo, con un accumulo diurno in grado di coprire il 20% circa del fabbisogno termico totale per ACS e per riscaldamento ambienti, risultano essere tra le più economicamente vantaggiose applicazioni del solare termico. Grazie alle dimensioni, il costo specifico dell'impianto diminuisce senza penalizzarne l'efficienza. Lo sviluppo tecnologico dei grandi collettori integrati nel tetto degli edifici ha portato ad un mercato accessibile e disponibile. La copertura della domanda termica da parte dei sistemi solari può anche arrivare al 50% tramite impianti solari centralizzati ad accumulo stagionale, nei quali l'energia solare termica captata durante i mesi estivi viene stoccata e utilizzata per il riscaldamento durante la stagione più fredda. L'applicazione ideale di questi sistemi è quella di un blocco di edifici, connessi tra loro da una rete di distribuzione del calore, con una domanda termica superiore a 1.500 MWh/anno.
La tabella seguente riporta i parametri dimensionali per un impianti di riscaldamento solare di grande dimensione.

	LSSHPDS	CSHPSS
Minima domanda di calore	>30 appartamenti, >60 persone	> 100 appartamenti / edifici
Superficie dei collettori	0.8 – 1.2 m^2 per persona	1.5 - 2.5 m^2/MWh/a.
Volume di accumulo	50 – 60 l/m^2_{fpc}	1.5 – 2.5 m3/m^2_{fpc}
Contributo solare	350 – 500 kWh/m^2/a	300 – 350 kWh/m^2/a
Frazione solare	ACS: 60 – 70 % Totale: 20 – 30 %	Totale: 50 – 70 %

Parametri dimensionali per un impianto di riscaldamento solare di grandi dimensioni.

I requisiti e i presupposti per l'installazione e il favorevole esercizio di un impianto solare di grandi dimensioni sono sintetizzati nel seguito:

- Impianto termico centralizzato (riscaldamento ambienti e sistema di distribuzione ACS)
- Superficie del tetto sufficiente (poche ombre, orientamento, altre installazioni)
- Disponibilità di spazio per l'accumulo all'interno o in prossimità dell'impianto.
- Se previsto il riscaldamento ambienti, bassa temperatura di ritorno dal sistema interno di riscaldamento (max. 70/40°C)
- Sistema di produzione ACS ben bilanciato

Impianto di riscaldamento solare di grandi dimensioni con accumulo giornaliero	LSSHPDS Risparmio energetico: 480 kWh/(m^2 a) Dal 60% al 70% della domanda energetica per la produzione di ACS Dal 20% al 30% del fabbisogno termico totale Costo del sistema: 1.000.000 Lit/m^2
Impianto di riscaldamento solare di grandi dimensioni con accumulo stagionale	CSHPSS Risparmio energetico: 380 kWh/(m^2 a) Dal 50% al 70% della domanda energetica per la produzione di ACS Costo del sistema: 1.700.000 – 2.000.000 Lit/m^2

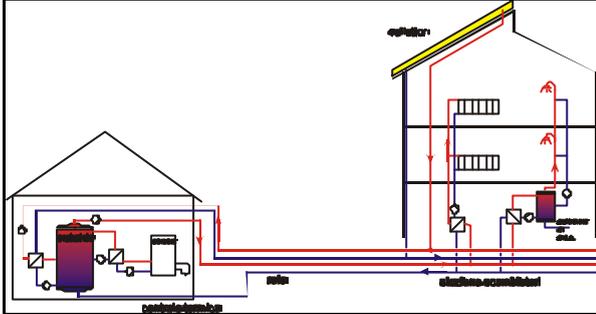



Fig. 5:

2.8.2 Impianti solari per centri sportivi (piscine)

La domanda di energia per il riscaldamento di un impianto sportivo pubblico o privato una piscina in relazione alla temperatura desiderata dell'acqua (20 –27°C), varia tra i 500 e i 1.500 kWh/anno per m^2 di superficie della piscina. Il riscaldamento delle piscine è il sistema per usare nel modo pi vantaggioso dal punto di vista economico, gli impianti solari, per

- La simultaneità tra domanda termica e massima radiazione solare in estate
- Il basso livello di temperatura. In questo caso possono essere usati anche collettori più economici, composti da tubi di materiale plastico direttamente (senza scambiatori di calore) a contatto con la piscina.
- Nella maggior parte dei casi non è necessario nessun impianto di riserva. Con un corretto dimensionamento dell'impianto solare, la temperatura della piscina scende di alcuni gradi solo nei pochi giorni con un bassa radiazione.

<table>
<tr>
<td></td>
<td>Impianto per riscaldamento di una piscina pubblica
Esempio per una piscina di 1 000 m^2 di superficie:
Area dei collettori: 300 m^2
Risparmio energetico: 60 in MWh/a
Costo del sistema:
150 000 000 - 200 000 000 Lit/m^2</td>
</tr>
</table>

3. Esempio di risparmio energetico negli edifici.

Per meglio comprendere i risultati di una serie di azioni di risparmio per il settore civile termico, si è considerato l'esempio di un classico blocco di edilizia popolare. Sono stati applicati interventi di risparmio energetico e dispositivi di riscaldamento avanzati. Nella tabella seguente si riportano i dati di base dell'edificio, cioè quelli antecedente i possibili interventi di risparmio. Si assume che alcuni interventi di rinnovo siano comunque pianificati. Nella tabella sono riassunte le azioni di risparmio e i costi addizionali. I valori sono una prima stima sulla base delle informazioni disponibili in questa fase. Ulteriori elaborazioni richiedono informazioni più particolareggiate.

Descrizione dell'edificio*)

		Per edificio	**totale**
Numero di edifici:			6
Numero di appartamenti		20	120
Numero di residenti		40	240
Anno di costruzione		1958	
Volume lordo	m^3	4950	29700
Superficie Lorda di Pavimento	m^2	300	1800
Superficie lorda	m^2	1500	9000
Superficie riscaldata	m^2	1200	7200
Superficie del tetto massima disponibile	m^2	90	540
Impianto di riscaldamento	Impianto centralizzato (metano) per riscaldamento e ACS, temperatura di progetto 90/70 °C, η_{tot} = 0,60		
Fabbisogno termico per il riscaldamento ambienti	MWh/a	247.9	1487.4
Fabbisogno termico per la produzione di ACS	MWh/a	33.0	198.0
Fabbisogno termico totale	MWh/a	280.9	1685.4
Consumo totale di gas	MWh/a	468.2	2809.0
Coefficiente energetico	kWh/(m^2 a)		390

*) *Si suppone che le seguenti azioni di manutenzione per il blocco di edifici sia eseguito nel contesto di una normale gestione degli edifici*
- Nuovo sistema di boiler – temperatura di progetto 90/70 °C, h_{tot} = 0.7
- Ristrutturazione delle facciate

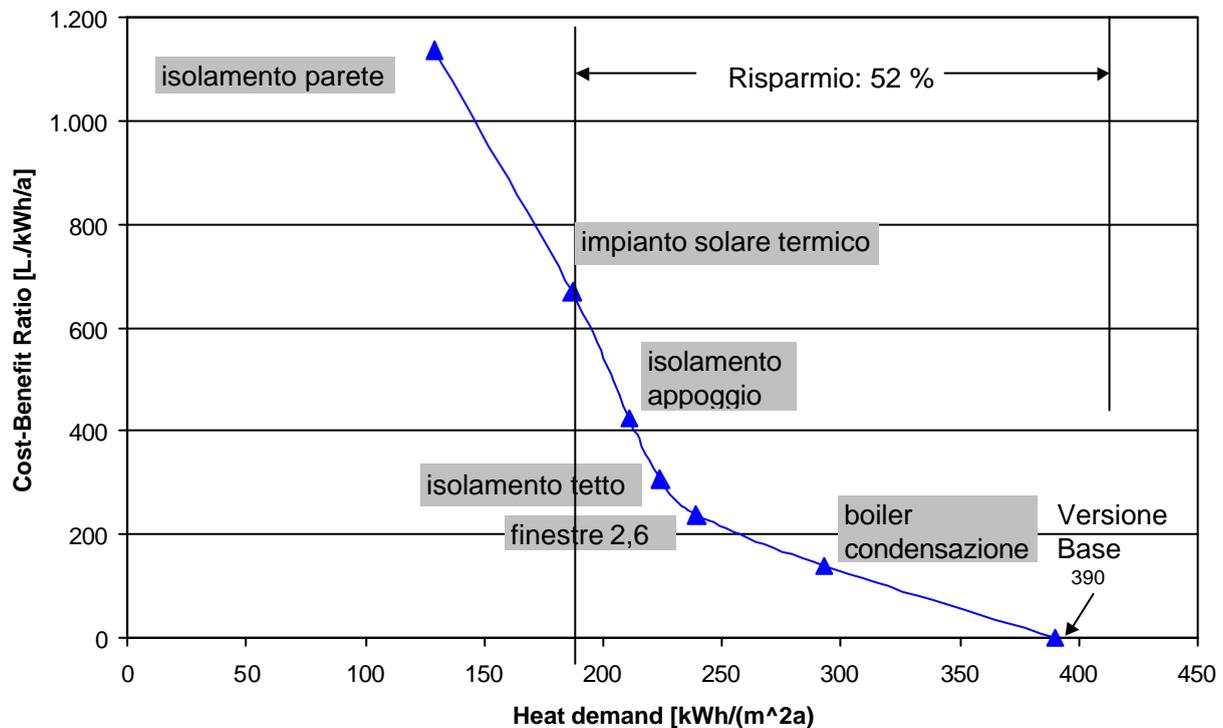
Dati standard del blocco.

Il coefficiente energetico, che rappresenta il consumo di energia primaria relazionato alla superficie da scaldare, ammonta a circa 390 kWh/m^2 anno. Tutti i risparmi energetici seguenti sono relazionati a questo valore.

Interventi di risparmio energetico	Coeff. Energetico (energia	Risparmi	Costi addizionali per m^2	Costi totali

	primaria)			
	kWh/(m²a)	%	kL./m²	kL.
Versione base	390		-	
Sostituzione dei serramenti: k = 2,6 W/(m²K)	319	18.2	22.4	161.280
Caldaia a condensazione η_{tot} = 0,8	239	25.1	35.9	97.200
Isolamento delle coperture, k = 0.33 W/(m²K)	224	6.3	50.9	108.000
Isolamento delle solette k = 0.43 W/(m²K)	211	5.8	75.9	180.000
Impianto solare termico f_{Sol} = 11 %	187	11.4	135.9	432.000
Isolamento delle pareti: k = 0.32 W/(m²K)	129	31.0	215.1	570.240

Interventi di risparmio energetico

L'energia totale risparmiata se tutte le misure venissero applicate ammonta al 67% rispetto alla versione base. Il costo totale per il blocco dei sei edifici è di £ 1.548.700.000.
La figura seguente illustra graficamente il rapporto costi/benefici in funzione degli interventi considerati.

Rapporto costi/benefici degli interventi di risparmio

Gli interventi sugli edifici devono essere eseguiti molto attentamente, in modo da evitare fessure o spifferi attraverso l'involucro e limitare al massimo gli inconvenienti legati ai ponti termici.
Ogni edificio è dotato di un impianto centralizzato per la produzione e l'accumulo di ACS. Per il corretto funzionamento delle caldaie a condensazione sono necessari un sistema di risacaldamento e di produzione di ACS ben bilanciati. E' ovviamente indispensabile una rete di distribuzione dell' acqua calda sanitaria e i tubi devono essere il più corti possibile.
Per gli impianti solari si rende necessario un ulteriore sistema di accumulo (incluso nei costi). Lo schema di un simile impianto è lo stesso dell'impianto di riscaldamento di grandi dimensioni con accumulo giornaliero senza la rete di distribuzione all'esterno.

I colletori dovrebbero essere preferibilmente installati sulle coperture degli edifici. L'orientamento (azimuth) dovrebbe essere tra 50° SW e 50° SE, con una inclinazione tra 15° e 45°.
Per impianti solari di grandi dimensioni è possibile utilizzare moduli (> 5 m^2) integrati nel tetto che sostituiscono le vecchie tegole, così come elemti solari che fungono da copertura (tetti solari superiori a 20 m^2). L'installazione dei moduli solari sui tetti piani, con eventuali strutture di sostegno spesso risultano più costosi rispetto a soluzioni integrate nel tetto a causa della inevitabile manutenzione dovuta agli agenti atmosferici.

4. Linee strategiche di intervento

Qual è il ruolo che un'amministrazione locale può assumere e gli strumenti che può attivare rispetto ad azioni a favore del risparmio energetico sia termico che elettrico?
Rispetto agli interventi a favore del risparmio, l'amministrazione deve diventare riferimento e avere un compito di promozione, creando tavoli di lavoro con i soggetti direttamente coinvolgibili (aziende elettriche e del gas, associazioni di categoria, consulenti, popolazione).
Di fondamentale importanza a questo proposito è il controllo del territorio dal punto di vista energetico. Una Amministrazione Locale deve sapere chiaramente quali sono le zone di criticità energetica all'interno del proprio territorio. Questa conoscenza non si deve limitare al solo patrimonio di proprietà, ma deve spaziare tra tutti i settori produttivi. Fino a che questa condizione non verrà soddisfatta, non sarà possibile ottenere miglioramenti ambientali consistenti

Va prioritariamente sottolineato il fatto che una parte consistente della riduzione dei consumi è legata ad un comportamento corretto degli utenti (verifica della temperatura interna., corretto uso delle apparecchiature, ecc.): è importante allora che l'amministrazione locale si impegni prioritariamente in un'azione di "educazione al risparmio" attraverso campagne di sensibilizzazione capillari per stimolare comportamenti energeticamente efficienti nei vari settori di attività: seminari nelle scuole, workshop, concorsi, mostre, corsi per i propri dipendenti, ecc.)
Le amministrazioni locali hanno in ogni caso un ruolo privilegiato di riferimento di informazione e dovranno dunque farsi carico di campagne mirate a far conoscere le tecnologie ad alta efficienza e promozione dei possibili risultati ottenibili in termini economici (opuscoli disponibili al pubblico, sportelli di informazione aperti al pubblico ove l'utente possa essere aggiornato sulle tecnologie disponibili – in particolare tramite mezzi informatici multimediali-). Nell'ambito della informazione dovrebbe essere inclusa la formazione del personale che nella stessa amministrazione ha un compito decisionale o operativo rispetto alla efficienza energetica degli edifici, degli impianti e dei dispositivi.
La sensibilizzazione dell'utenza deve essere differenziata a seconda della classe merceologica di appartenenza (residenziale o terziario, ecc.).
Tali informazioni dovrebbero essere accessibili a tutti gli utenti privati e l'Amministrazione si deve far carico delle spese per far giungere tali informazioni a tutti i cittadini, coinvolgendo anche e soprattutto le associazioni dei consumatori.
Una iniziativa promossa negli interessi dell'utente non deve essere letta come una ulteriore spesa che l'utente deve affrontare senza vederne la necessità. E' proprio questo ultimo aspetto che deve essere la linea guida per tutte le campagne di promozione, diffusione e incentivazione che l'Amministrazione locale deve svolgere.

I passi per l'attuazione di una campagna possono essere descritti nelle quattro fasi seguenti:

1. Predisporre materiale informativo sulle potenzialità di risparmio sulle bollette energetiche, costi di investimento, tempi di ritorno, difficoltà tecniche, regole generali per valutazioni di massima da distribuire attraverso canali associativi ai potenziali utenti
2. Predisporre attività di formazione dei tecnici: bollettini informativi tecnici, corsi, seminari, borse di studio.
3. Rendere disponibili strumenti di valutazione (procedure standard, software di certificazione)
4. Contattare produttori di materiali e tecnologie per verificare la disponibilità a pianificare una strategia dei prezzi adeguata al largo respiro dell'azione.

Positivi possono essere anche le ricadute occupazionali. L'organizzazione della campagna di diffusione richiede l'allestimento di uno staff multidisciplinare (tecnici, pubblicitari, economisti, giornalisti, accademici) che può indurre qualche marginale effetto di ricaduta occupazionale. Gli effetti occupazionali derivanti invece dall'innesco delle tecnologie/tecniche proposte mostrerebbe ben altre potenzialità di generazione di lavoro. Ad esempio la realizzazione di interventi di retrofit su edifici esistenti può sicuramente generare un incremento occupazionale nel settore edilizio.
In generale il risparmio ottenibile dalle diverse campagne è molto variabile e dipende da diversi fattori. Uno è sicuramente legato all'accettabilità da parte degli utenti, che aumenta all'aumentare di interventi concreti che può vedere con i propri occhi. Senza l'attuazione di progetti dimostrativi le campagne di diffusione e promozione rischiano di essere del tutto inefficaci, il che comporta ovviamente l'inutilità del denaro speso dall'Amministrazione per organizzare la campagna. E' importante che quest'ultima apra un canale diretto con i cittadini, in grado di fornire informazioni legate al risparmio energetico a 360 gradi.

E' chiaro che il successo di una campagna di sensibilizzazione dipende molto dalle informazioni di cui l'Amministrazione locale dispone riguardo alle zone di criticità energetica all'interno del proprio territorio.
In questo deve porsi come referente per diventare promotrice di tavoli di lavoro con i soggetti che partecipano alla gestione dell'energia nelle diverse aree individuate (utility, altre amministrazioni provinciali e comunali, associazioni di categoria –dei produttori, rivenditori, consumatori-, consulenti, popolazione), per attivare un discorso operativo integrato su risparmio, rinnovabili, ambiente. Il tavolo di lavoro avrà lo scopo di arrivare ad accordi volontari e/o all'attivazione di finanziamenti specifici per promuovere le nuove tecnologie nei settori e nelle aree geografiche individuate.

L'azione di promozione risulterà efficace se l'amministrazione attiverà in prima persona azioni di risparmio rivolte al proprio patrimonio (retrofit degli edifici amministrativi, rinnovo dell'illuminazione stradale, interventi nelle scuole e negli impianti sportivi, realizzazione di interventi pilota).
Tale direttrice consente di raggiungere, da parte dell'amministrazione, un duplice obiettivo: migliorare la qualità energetica del proprio parco edilizio pubblico e favorire la diffusione degli interventi anche nei privati. La realizzazione di interventi concreti sul patrimonio pubblico, e la divulgazione tra gli operatori e i cittadini degli obiettivi e dei risultati ottenuti, potrebbe portare ad un netto miglioramento degli standard energetici degli edifici privati. E' infatti chiaro che per raggiungere gli obiettivi definiti dal protocollo di Kyoto, non è sufficiente agire solo sul patrimonio pubblico, ma è invece una condizione necessaria per promuovere e diffondere la cultura del risparmio energetico.
Inoltre diverse sono le disposizioni di legge che obbligano le amministrazioni comunali a sviluppare e realizzare progetti legati all'utilizzo delle fonti rinnovabili e assimilate negli edifici pubblici o di uso pubblico, come ad esempio l'articolo 5, comma 15, 16 e 17 del DPR 412/93 in attuazione dell'articolo 4, comma 4 della legge 10/91. Queste ultime norme impongono, per gli edifici di proprietà pubblica o di uso pubblico, di soddisfare il fabbisogno energetico favorendo il ricorso alle

fonti rinnovabili o assimilate, salvo impedimenti di natura tecnica o economica. Tali impedimenti devono comunque essere evidenziati nel progetto o nella relazione tecnica dell'impianto termico, riportando le specifiche valutazioni che hanno determinato la non applicabilità delle fonti rinnovabili o assimilate. Quindi, se in un edificio pubblico non si fa ricorso alle fonti rinnovabili, si dovrebbe spiegarne chiaramente i motivi. Inoltre, l'utilizzo delle fonti rinnovabili sul patrimonio pubblico, diventa obbligatorio se il tempo di ritorno dell'investimento non è superiore a dieci anni[8].
Inoltre, il comune, quale soggetto consumatore di energia superiore ai 1000 tep è obbligato dall'art.9 della legge 10/91, alla nomina di un "energy manager" e, tramite le funzioni per esso previste (circolare MICA 2/03/1992 n.219/F), alla predisposizione dei bilanci e dei dati energetici che il MICA può richiedere, oltre che all'individuazione delle azioni, interventi e procedure che possano promuovere il risparmio energetico. Sono quindi chiari i ruoli e le responsabilità di un'Amministrazione Comunale che deve dare "il buon esempio", e che il limitarsi alle sole proprietà di competenza non è sufficiente per raggiungere gli obiettivi prefissati a livello mondiale anche dal nostro paese

Oltre a quello informativo-formativo, un ruolo di rilievo che un'Amministrazione locale può svolgere consiste nell'attivazione di strumenti normativi, di consulenza e di verifica della qualità energetica degli edifici e delle apparecchiature installate (certificazione energetica, integrazione di requisiti prestazionali sul lato energetico nelle norme tecniche di attuazione del regolamento edilizio, elaborazione di capitolati prestazionali per impianti e dispositivi o interventi di riqualificazione di edifici).
Un campo su cui intervenire, per esempio, in questo contesto, riguarda le prescrizioni o raccomandazioni sugli edifici che fissino criteri generali tecnico-costruttivi, tipologici ed impiantistici idonei a facilitare e valorizzare l'impiego di fonti energetiche rinnovabili ed assimilate per il riscaldamento, il raffrescamento, la produzione di acqua calda sanitaria, l'illuminazione, la dotazione di apparecchiature elettriche degli edifici in relazione alla loro destinazione d'uso e in stretto rapporto con il tessuto urbano e territoriale circostante.
Tali linee guida hanno, tra gli obiettivi strategici, la diminuzione delle potenze installate assolute e specifiche (kW/m2), dei consumi energetici assoluti e specifici (kWh/m2/anno) e di conseguenza la riduzione delle emissioni in atmosfera a parità o migliorando il servizio reso.
Esse dovrebbero essere riferite essenzialmente agli edifici di nuova costruzione ma anche a quelli sottoposti ad opere di ristrutturazione ed incluse nella stesura del Regolamento Edilizio.
In particolare per i primi, al fine di promuovere la progettazione *energy-environmentally conscious* si dovrà recuperare in forma "passiva" la maggior parte dell'energia necessaria a garantire le migliori prestazioni per gli usi finali (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ecc.) privilegiando prioritariamente l'attenta integrazione tra sito ed involucro ed in seconda fase compiere le scelte di carattere tecnologico-impiantistico.

Non ultimo è l'impegno che l'amministrazione ha nell'attivare risorse finanziarie (pubbliche o private) per interventi a favore del risparmio. In tal caso è fruttuosa la collaborazione tra realtà comunali, provinciali, regionali, nazionali e comunitarie e con le associazioni di produttori o distributori, con le Aziende elettriche o del gas. Nel contesto generale descritto, si può collocare anche la creazione di un'agenzia Locale (comunale o sovracomunale) per l'energia.
A titolo di esempio di un possibile ruolo di promozione finanziaria del risparmio, vale la pena citare l'esperienza della Provincia di Trento, che ha messo a disposizione finanziamenti per interventi rivolti al risparmio e all'utilizzo di fonti rinnovabili imponendo criteri di selezione molto stringenti riguardo alle caratteristiche di efficienza energetica delle tecnologie adottate. Si tratta di finanziamenti in conto capitale a copertura in percentuale delle spese sostenute per gli interventi. Le percentuali elevate applicate agli Enti Pubblici rendono tale forma di finanziamento molto

[8] Per un comune con meno di 50.000 abitanti tale periodo si riduce a otto anni.

appetibile anche per il Comune di Trento per interventi sul proprio patrimonio. Tra gli interventi considerati prioritari dall'Amministrazione Provinciale che beneficiano dei contributi al 2001 vi è la diagnosi energetica degli edifici (energy audit). Se l'audit è realizzato da un Ente Pubblico il contributo previsto è dell'80%.

4.1 Azioni per gli usi finali termici

Le azioni di risparmio che un'Amministrazione Locale può intraprendere nell'ambito degli usi finali termici, si possono ripartire in due grandi categorie:

- Azioni di informazione-sensibilizzazione, promozione e incentivazione al risparmio di fonti fossili tradizionali tra gli utenti privati
- Azioni sul proprio parco edilizio.

In generale, un compito fondamentale dell'amministrazione è quello di attivare tavoli di lavoro che portino all'incentivazione di interventi di risparmio negli usi finali termici, in particolare:

- ✓ campagne informative rivolte agli utenti, da un lato, e agli installatori, dall'altro;
- ✓ attivazione delle associazioni dei produttori per promuovere la consulenza attenta degli utenti e una riduzione dei prezzi (considerando eventuali iniziative di procurement);
- ✓ attivazione di tavoli di lavoro con i rivenditori per concordare un loro coinvolgimento in eventuali azioni di incentivo all'acquisto di apparecchiature o materiali ad alta efficienza
- ✓ attivazione di un servizio di consulenza per interventi di retrofit (in particolare grossi complessi residenziali e grosse utenze private), che consenta la stesura di capitolati prestazionali che forzino la ditta esecutrice dei lavori all'adozione delle tecnologie ad alta efficienza;
- ✓ attivazione di finanziamenti da parte di terzi in cui l'azienda del gas sia coinvolta in prima istanza: la possibilità, predisposta dall'*Autorità per l'energia elettrica e il gas*, di recupero, tramite la tariffa, degli investimenti effettuati dall'azienda[9] va considerata con estremo interesse soprattutto per quanto riguarda la promozione di grossi interventi di retrofit o interventi sull'impianto di riscaldamento o ancora la sostituzione con il vettore gas naturale[10] o l'introduzione di sistemi solari termici.
- ✓ Realizzazione di progetti pilota, prioritariamente sul patrimonio pubblico, in collaborazione con l'azienda elettrica o del gas e in concerto con aziende interessate, in modo da creare un consorzio finanziario/tecnologico.

[9] I problemi di sicurezza che spesso si incontrano nel momento di adottare un impianto per la produzione di ACS (Acqua Calda Sanitaria) con gas potrebbero essere affrontati in maniera congiunta tra comune e azienda energetica, mentre attualmente vengono lasciati interamente a carico dell'utente o del proprietario dell'immobile.

[10] Vedi Modulo I, dispensa n°£

4.1.1 La Certificazione energetica

Un'attenta analisi conoscitiva, in grado di fornire un quadro sufficientemente dettagliato del parco edilizio potrebbe rappresentare un elemento importante di partenza per pianificare interventi di manutenzione straordinaria sia sugli involucri che sugli impianti, che considerino anche azioni finalizzate al risparmio.
In questo senso è di fondamentale importanza lo strumento della certificazione energetica degli edifici. E' sostanzialmente uno strumento di analisi conoscitiva in grado di fornire un quadro dettagliato della situazione del parco edilizio e di conseguenza di permettere il controllo delle prestazioni degli edifici in fase di gestione, anche e soprattutto in relazione alle prescrizioni della normativa vigente riguardante il riscaldamento ambienti.
Il problema del controllo della qualità energetica di un edificio, trova il suo riconoscimento ufficiale, a livello europeo, nella direttiva CEE n. 93/76 del settembre 93[11]. L'articolo 2 di tale direttiva stabilisce che gli stati membri devono attuare programmi concernenti la certificazione energetica degli edifici, che consiste nella descrizione dei loro paramenti energetici e deve permettere l'informazione dei potenziali utenti di un edificio, circa la sua efficienza energetica. Lo stesso articolo afferma che la procedura di certificazione può anche comprendere opzioni per migliorare tali parametri energetici. Il D.L. 112/98, all'art. 30 affida alle Regioni il compito di emanare le norme per tale procedura. In realtà però, la normativa sulla certificazione energetica prevista, non è stata ancora prodotta, né a livello UNI, né a livello MICA.
La Certificazione Energetica oltre che precorrere eventuali obblighi legati all'art.30 della legge 10/91 e fornire una conoscenza dettagliata e disaggregata di flussi energetici per il riscaldamento ambientale, fornisce la base dei dati necessaria per prospettare, identificare, valutare e verificare la validità di possibili interventi di risparmio energetico,.
L'obiettivo della procedura è dunque quello di incentivare l'adozione di soluzioni che permettano l'introduzione di interventi sui componenti edilizi e sugli impianti, in modo tale da ridurre il consumo di energia.
La diffusione del "certificato energetico" deve permettere al proprietario o locatario dell'edificio di ottenere benefici economici derivanti dagli interventi di risparmio energetico che ne possono essere associati, oltre eventualmente a poter scontare benefici sugli oneri di urbanizzazione per gli edifici di nuova costruzione.
Si possono prevedere misure di incentivazione economica per l'utenza privata che effettua la certificazione dell'edificio. Si dovrebbe prevedere, ad esempio, la riduzione di una certa percentuale dell'ICI per le abitazioni con fabbisogni specifici certificati inferiori ad una certa soglia media, oppure riduzioni su altre tariffe comunali (rifiuti, acqua, gas).
La certificazione energetica è spesso utilizzata come marchio di qualità dell'edificio anche al di fuori di canali di finanziamento pubblico. Essa può essere pertanto un valido strumento di controllo sulla sostenibilità degli edifici realizzati nonché di sensibilizzazione del mercato, e quindi dei cittadini, ai temi del risparmio energetico.
Per gli edifici di nuova costruzione la certificazione deve essere obbligatoria ed effettuata mediante una autodichiarazione da parte del proprietario o del locatario. Per gli edifici esistenti la certificazione è rilasciata dal Comune.
E' chiaro che la certificazione si conclude nel momento in cui viene fotografato energeticamente l'edificio, senza necessariamente fornire indicazioni sugli interventi di risparmio energetico. Diverso è il caso della diagnosi energetica (energy audit), che si pone invece l'obiettivo di capire in che modo l'energia viene utilizzata, quali sono le cause di eventuali sprechi e quali interventi possono essere suggeriti all'utente. Se la certificazione è un'attività obbligatoria, la diagnosi deve

[11] La direttiva rappresenta l'atto formale dell'impegno preso nel 1990 dal Consiglio dei Ministri dell'ambiente e dell'energia nel promuovere azioni che portino ad una riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti.

essere incentivata su scala volontaria. Dall'altra parte è anche vero che una buona azione di sensibilizzazione sull'utilità della certificazione non può che favorire la diffusione della diagnosi energetica degli edifici.
Tale strumento dovrebbe essere utilizzato per ogni edificio, tuttavia la sensibilità dell'utente privato, nella media non è molto alta rispetto alle problematiche energetiche ed ambientali. Per tale motivo deve essere l'Amministrazione locale a fare i primi passi agendo sul proprio patrimonio coinvolgendo eventualmente le aziende distributrici di gas metano, per incentivare, anche tramite la certificazione dei risparmi economici, l'utente privato.
La prima fase per attuare tale azione, dovrebbe consistere nella definizione dei soggetti promotori. Questi possono essere professionisti o consulenti esterni, ma la supervisione dovrà essere dell'Ufficio Tecnico dell'Amministrazione.
Successivamente, bisognerà affidare l'incarico contestualmente alla identificazione della precisa procedura da seguire per la certificazione (un esempio significativo in questo senso è costituito dallo schema elaborato dal Politecnico di Milano per il Comune di Milano). Quindi i tecnici dell'amministrazione dovranno partecipare attivamente al tavolo di lavoro sin dalle prime fasi.
La procedura dovrà comprendere come prima fase una apposita campagna di audit energetico sull'intero parco edilizio che permetterà di rilevare le caratteristiche fisiche e tecniche degli impianti e degli edifici da certificare.
In questo modo si potrà costruire una banca dati informatizzata dettagliata sulle caratteristiche termofisiche degli edifici e degli impianti ad essi associati, che possa correlare ad ogni singolo sistema edificio/impianto il suo fabbisogno energetico ed il relativo consumo energetico. E' importante che essa possa nel contempo essere completata con memoria storica dei consumi e dei dati climatici annui relativi.
In una seconda fase, è prevista la creazione o l'acquisizione di un apposito software che permetta di effettuare rapidi calcoli dei fabbisogni teorici di edifici con diverse configurazioni strutturali e impiantistiche, sulla base dei dati raccolti nell'azione di audit e che permetta quindi un'analisi tecnico-economica di eventuali interventi di retrofit.
Sarà opportuno che la valutazione finalizzata alla certificazione sia condotta producendo un giudizio finale separato per la climatizzazione invernale/estiva, per gli usi di acqua calda sanitaria e per l'edificio nel suo complesso.
Sulla base della certificazione effettuata, l'Amministrazione registrerà le verifiche nel Registro delle Certificazione Energetica, che costituirà un archivio collegato al software citato in precedenza.
E' evidente, comunque, che tale azione dovrà essere seguita da interventi mirati di riqualificazione. Se questi poi vengono realizzati in concomitanza con la gestione ordinaria, i costi possono assumere minor peso.
In questo ambito, uno strumento che le amministrazioni possono attivare rispetto al proprio patrimonio è inoltre quello del capitolato prestazionale, in modo da introdurre un discorso di efficienza energetica a monte del lavoro di progettazione di interventi di riqualificazione, che forzi la ditta esecutrice dei lavori all'adozione delle tecnologie ad alta efficienza.

4.1.2 Utilizzo dell'energia solare per produzione di ACS negli edifici pubblici.

Il sole rappresenta una fonte rinnovabile di energia di ampia disponibilità e di facile conversione. Le tecnologie solari termiche sono ormai decisamente mature e i costi possono essere facilmente ripagabili dal risparmio energetico ottenuto. Come già anticipato, la legge 10/91, per quanto riguarda il patrimonio pubblico, richiede che venga effettuata un'analisi di fattibilità per l'uso di fonti rinnovabili per ogni sostituzione o retrofit di un impianto termico. Nel caso in cui il pay-back semplice dell'intervento risulti inferiore a 10 anni, l'intervento diventa obbligatorio. Secondo il DPR 412/93 un gruppo di esperti dovrà verificare in quali casi è obbligatorio intervenire e progettare eventuali interventi.

In questo contesto l'Amministrazione si dovrà impegnare per la massima diffusione possibile dell'uso del solare termico nel proprio parco edilizio, semplicemente applicando una legge già in vigore.

La certificazione energetica degli edifici permetterà, in questo senso, di individuare, tra le altre cose, anche gli edifici più adatti all'utilizzo del sole come fonte di energia termica, soprattutto per sostituire la produzione di Acqua Calda Sanitaria (ACS) tramite energia elettrica.

L'amministrazione locale, come soggetto promotore, dovrebbe coinvolgere in tale azione le amministrazioni statale, regionale e provinciale, nonché le imprese e i grandi fornitori di sistemi solari, le associazioni professionali, l'ENEL, l'ENEA, l'ISES e l'Unione Europea. L'azione deve puntare alla massima diffusione.

I passi principali dell'azione saranno i seguenti:

1. La creazione di un gruppo di esperti che effettui la selezione degli edifici e l'analisi di fattibilità
2. La creazione di una lista (banca dati che verrà aggiornata ogni anno) di tutti gli edifici pubblici o di uso pubblico che dispongono o possono, in breve tempo, disporre di un impianto termico solare per la produzione di ACS
3. L'identificazione dei casi di sostituzione o modifica degli impianti esistenti per i quali le condizioni della legge sono soddisfatte
4. Controllo dell'applicazione corretta della legge - progettazione ed attuazione degli interventi

Nel giro di tre – quattro anni tutte le fasi dell'azione possono essere ampiamente portate a termine. Oltre alla riduzione dei costi per la produzione di ACS, altri benefici conseguenti possono essere legati alla promozione del solare tra gli utenti privati, allargando la possibilità di applicazioni specifiche. Il contatto diretto della gente con un'applicazione rinnovabile semplice ma efficace potrebbe accrescere l'interesse tra i privati e favorire un notevole sviluppo anche occupazionale. Infatti attualmente la gran parte degli utenti non conosce la tecnologia del solare. Si prevede (sulla base di ciò che è successo in altri paesi) un alto grado di accettabilità. Eventuali problemi estetici possono essere superati usando sistemi che permettono l'integrazione del pannello nel tetto o che comunque non necessitano la presenza dell'accumulo al di sopra dei collettori (sistemi con circolazione forzata, innovativi sistemi heat pipe[12] con circolazione naturale ecc.).

[12] Un "heat pipe" consiste in un contenitore (o tubo) di alluminio o rame, la cui superficie interna è formata da uno strato di capillari. Il liquido all'interno del tubo penetra nei pori del materiale capillare e ne bagna la superficie. Fenomeni di evaporazione e condensazione consentono il moto del fluido nel tubo e il conseguente trasporto di calore.

4.1.3 Azioni rivolte ai privati

Per quanto riguarda azioni di sensibilizzazione, promozione e incentivazione rivolte agli utenti privati, una campagna concretamente realizzabile, anche perché non comporta vincoli commerciali e generalmente è caratterizzata da un ottimo livello di accettabilità da parte di utenti e operatori, e per la quale quindi è opportuno che l'Amministrazione si impegni, è quella della la sostituzione dei vetri singoli con i doppi vetri e per la diffusione e l'incentivazione degli interventi di coibentazione delle coperture nel caso di ristrutturazione degli edifici.

Per far ciò si deve procedere alla predisposizione e alla diffusione di materiali informativi sui risparmi ottenibili sulla bolletta energetica. Il coinvolgimento dei produttori e distributori del settore è sicuramente un aspetto positivo. Devono inoltre essere definiti i meccanismi di incentivazione per i soggetti privati che, in sede di ristrutturazione, intendano installare vetri doppi in luogo degli esistenti vetri singoli. In questo senso, l'amministrazione può, da parte sua, prevedere ad agevolazioni nei confronti di chi decide di intervenire, per esempio permettendo di usufruire dell'aliquota ICI ridotta ed esonerando dal pagamento della tassa per l'occupazione del suolo pubblico

Un'altra campagna che potrebbe portare un notevole miglioramento degli standard ambientali è legata alla diffusione delle tecnologie e tecniche di raffrescamento passivo principalmente nei grossi complessi terziari (banche, assicurazioni, centri commerciali). L'obiettivo di tale azione consiste nella diffusione del know-how per l'attuazione di interventi che utilizzino materiali, tecniche, tecnologie e accorgimenti progettuali per limitare i carichi termici di raffrescamento di grandi edifici.

Il primo passo dell'azione sarà quello di costituire una banca dati informatizzata sulla diffusione, le caratteristiche, le potenzialità, le prestazioni degli impianti e apparecchiature singole per il raffrescamento ambientale, in modo tale da disporre della base dati necessaria per valutare oggettivamente i possibili interventi di efficientizzazione e risparmio.

L'amministrazione in veste di promotore, dovrà individuare come principali attori coinvolgibili e con i quali costituire un team tecnologico/finanziario, le aziende del settore, i rivenditori e gli installatori e in particolare l'Azienda elettrica o del gas.

L'amministrazione locale può impegnarsi inoltre a far conoscere gli eventuali canali e modalità per poter accedere a incentivi eventualmente già previsti dalla legge. Sarebbe opportuna la creazione di una campagna informativa che preveda anche l'istituzione di sportelli di consulenza e supporto diretto cui il privato possa far riferimento nel momento in cui decide di operare un intervento. In questo modo potrebbero essere velocizzati ed alleggeriti iter burocratici troppo lunghi e onerosi, che spesso agiscono da deterrente nei confronti di tali opportunità. E' il caso per esempio della possibilità di usufruire della detrazione del 36% dall'IRPEF già citata nei paragrafi precedenti.

4.1.4 Ruolo normativo e di controllo

Come già anticipato, ruolo rilevante dell'amministrazione locale è anche quello normativo. E' di estrema importanza, a questo proposito, che si adottino nel regolamento edilizio alcuni criteri di buona esecuzione dei lavori relativamente al contenimento dei consumi sia per interventi che riguardano il nuovo costruito, sia per interventi di retrofit dell'esistente (si dovrebbe arrivare all'indicazione di valori limite di trasmittanza termica che un edificio non deve superare)[13].
In generale, gli elementi da considerare nelle linee guida possono essere riassunti come di seguito riportato:

- diminuzione dell'effetto "isola di calore" con interventi sull'albedo e uso del verde;
- valorizzazione delle fonti energetiche rinnovabili nelle diverse tipologie edilizie (si vedano le indicazioni riguardanti la fonte solare termica);
- interventi sugli involucri[14];
- interventi sugli impianti per il raffrescamento/riscaldamento ambientale;

Come emerso da quanto esposto nei paragrafi precedenti, già il solo il rispetto della normativa vigente, può costituire un valido strumento per raggiungere obiettivi significativi in termini di contenimento dei consumi energetici e delle emissioni di gas climalteranti.
In questo contesto determinante è il ruolo degli Enti locali (Comuni, Province, Regioni), che devono o possono svolgere una accurata azione di divulgazione e contemporaneamente, dove di loro competenza, di controllo.
Per quanto riguarda ad esempio gli impianti termici, il DPR 412/93 e la relativa integrazione DPR 551/99 (art.11-comma 18,19,20 e art. 16 e 17) prevedono quanto segue:

- Ai sensi dell'art. 31, comma 3 legge 10/91, i comuni con più di quarantamila abitanti e le province per la restante parte del territorio, in un quadro di azioni che vedano l'Ente locale promuovere la tutela degli interessi degli utenti e dei consumatori, comprese informazione, sensibilizzazione ed assistenza all'utenza, devono effettuare, con cadenza almeno biennale e con onere a carico degli utenti ed anche avvalendosi di organismi esterni aventi specifica competenza tecnica, i controlli necessari ad accertare l'effettivo stato di manutenzione e di esercizio dell'impianto termico. I risultati dei controlli eseguiti sugli impianti termici devono essere allegati al libretto di centrale o al libretto di impianto. Entro il 31 dicembre 2000 gli enti di cui sopra inviano alla regione di appartenenza, e per conoscenza al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, una relazione sulle caratteristiche e sullo stato di efficienza e manutenzione degli impianti termici nel territorio di propria competenza, con particolare riferimento alle risultanze dei controlli effettuati nell'ultimo biennio. La relazione sarà aggiornata con frequenza biennale.

- I comuni e le province competenti potranno eventualmente affidare ad organismi esterni i controlli di cui sopra stipulando con questi organismi apposite convenzioni, previo accertamento che gli stessi soddisfino, con riferimento alla specifica attività prevista, i requisiti minimi previsti dalla normativa.

[13] Vedi Modulo I, dispensa 2 – "Regolamento Edlizio Tipo".

[14] L'adempimento delle norme previste in attuazione della legge 10/91 orienta il progettista verso l'adozione di misure atte a limitare le dispersioni di energia attraverso l'involucro. Tuttavia ciò non garantisce affatto una minimizzazione dei consumi durante l'intero anno poiché alcune delle misure necessarie a limitare il fabbisogno energetico per riscaldamento possono non risultare efficaci nei confronti dei fabbisogni per raffrescamento e viceversa. Inoltre i tradizionali metodi di progettazione impiantistica fanno uso di metodi semplificati (regime stazionario o regime transitorio parametrizzato). L'uso di opportuni software, operanti su regimi transitori, permette invece di ottimizzare la progettazione dell'involucro in funzione delle prestazioni invernali ed estive e di definire con maggiore precisione le dimensioni degli impianti evitando inutili ed inefficienti sovradimensionamenti.

- Limitatamente agli impianti di potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW, gli enti locali possono, nell'ambito della propria autonomia, con provvedimento reso noto agli utenti interessati, al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato e all'ENEA, stabilire che i controlli si intendano effettuati nei casi in cui i manutentori degli impianti termici o i terzi responsabili dell'esercizio e manutenzione o i proprietari degli stessi trasmettano, con le modalità ed entro i termini stabiliti dal provvedimento medesimo, un'apposita dichiarazione, redatta secondo il modello di cui all'allegato H.

  Essi possono altresì stabilire, per manutentori e terzi responsabili, l'obbligo di consegna periodica delle dichiarazioni di cui sopra su supporto informatico standardizzato. Gli enti, qualora ricorrano a tale forma di verifica, devono comunque effettuare annualmente controlli tecnici a campione su almeno il 5% degli impianti di potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW esistenti sul territorio, scegliendoli tra quelli per i quali sia pervenuta nell'ultimo biennio la dichiarazione di avvenuta manutenzione, per verificare l'attendibilità della dichiarazione stessa, provvedendo anche ad effettuare, nei termini previsti dall'articolo 31, comma 3, della legge 10/91, i controlli su tutti gli impianti termici per i quali la dichiarazione di cui sopra risulti omessa o si evidenzino comunque situazioni di non conformità alle norme vigenti. Gli enti locali, al fine di massimizzare l'efficacia della propria azione, possono programmare i predetti controlli a campione dando priorità agli impianti più vecchi o per i quali si abbia comunque una indicazione di maggiore criticità, avendo peraltro cura di predisporre il campione in modo da evitare distorsioni di mercato. In conformità al principio stabilito dal comma 3, articolo 31, della legge 10/91, gli oneri per la effettuazione dei controlli a campione sono posti a carico di tutti gli utenti che presentino detta dichiarazione, con opportune procedure definite da ciascun ente locale nell'ambito della propria autonomia.

- Al fine di costituire il catasto degli impianti o di completare quello già esistente all'atto della data di entrata in vigore del decreto, gli Enti locali competenti possono richiedere alle società distributrici di combustibile per il funzionamento degli impianti di cui al DPR 41/93, che sono tenute a provvedere entro 90 giorni, di comunicare l'ubicazione e la titolarità degli impianti da esse riforniti nel corso degli ultimi dodici mesi; i comuni trasmettono i suddetti dati alla provincia ed alla regione, anche in via informatica.

Le disposizioni precedentemente esposte, si applicano fino all'adozione dei provvedimenti di competenza delle regioni, ai sensi dell'articolo 30, comma 5, del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112[15]. Nell'ambito delle funzioni di coordinamento ed assistenza agli enti locali previste, le regioni devono promuovere anche, nel rispetto delle rispettive competenze, l'adozione di strumenti di raccordo che consentano la collaborazione e l'azione coordinata tra i diversi enti ed organi preposti, per i diversi aspetti, alla vigilanza sugli impianti termici.

15 Comma 5 art. 30 decreto legislativo 31 marzo 1998 n. 112: Le regioni svolgono funzioni di coordinamento dei compiti attribuiti agli enti locali per l'attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nonché compiti di assistenza agli stessi per le attività di informazione al pubblico e di formazione degli operatori pubblici e privati nel campo della progettazione, installazione, esercizio e controllo degli impianti termici. Le regioni riferiscono annualmente alla Conferenza unificata sullo stato di attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nei rispettivi territori.

Appendice - DPR 412/93 integrato con DPR 551/99

(Le scritte in blu sono le integrazioni o variazioni apportate dal DPR 551/99 al DPR 412/93; le scritte in nero sono il testo del DPR 412/93)

Art. 1.
(Definizioni)
1. Ai fini dell'applicazione del presente regolamento si intende:
a) per ''edificio'', un sistema costituito dalle strutture edilizie esterne che delimitano uno spazio di volume definito, dalle strutture interne che ripartiscono detto volume e da tutti gli impianti, dispositivi tecnologici ed arredi che si trovano al suo interno; la superficie esterna che delimita un edificio può confinare con tutti o alcuni di questi elementi: l'ambiente esterno, il terreno, altri edifici;
b) per "edificio di proprietà pubblica", un edificio di proprietà dello Stato, delle Regioni, degli Enti Locali, nonché di altri Enti Pubblici, anche economici, destinato sia allo svolgimento delle attività dell'Ente, sia ad altre attività o usi, compreso quello di abitazione privata;
c) per "edificio adibito ad uso pubblico", un edificio nel quale si svolge, in tutto o in parte, l'attività istituzionale di Enti pubblici;
d) per "edificio di nuova costruzione", salvo quanto previsto dall'articolo 7 comma 3, un edificio per il quale la richiesta di concessione edilizia sia stata presentata successivamente alla data di entrata in vigore del regolamento stesso;
e) per "climatizzazione invernale", l'insieme di funzioni atte ad assicurare, durante il periodo di esercizio dell'impianto termico consentito dalle disposizioni del presente regolamento, il benessere degli occupanti mediante il controllo, all'interno degli ambienti, della temperatura e, ove presenti dispositivi idonei, della umidità, della portata di rinnovo e della purezza dell'aria;
f) per "impianto termico", un impianto tecnologico destinato alla climatizzazione degli ambienti con o senza produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari o alla sola produzione centralizzata di acqua calda per gli stessi usi, comprendente i sistemi di produzione, distribuzione e utilizzazione del calore nonché gli organi di regolazione e di controllo, sono quindi compresi negli impianti termici gli impianti individuali di riscaldamento, mentre non sono considerati impianti termici apparecchi quali: stufe, caminetti, radiatori individuali, scaldacqua unifamiliari;
g) per "impianto termico di nuova installazione", un impianto termico installato in un edificio di nuova costruzione o in un edificio o porzione di edificio antecedentemente privo di impianto termico;
h) per "manutenzione ordinaria dell'impianto termico", le operazioni specificamente previste nei libretti d'uso e manutenzione degli apparecchi e componenti che possono essere effettuate in luogo con strumenti ed attrezzature di corredo agli apparecchi e componenti stessi e che comportino l'impiego di attrezzature e di materiali di consumo d'uso corrente;
i) per "manutenzione straordinaria dell'impianto termico", gli interventi atti a ricondurre il funzionamento dell'impianto a quello previsto dal progetto e/o dalla normativa vigente mediante il ricorso, in tutto o in parte, a mezzi, attrezzature, strumentazioni, riparazioni, ricambi di parti, ripristini, revisione o sostituzione di apparecchi o componenti dell'impianto termico;
j) per "proprietario dell'impianto termico", chi è proprietario, in tutto o in parte, dell'impianto termico; nel caso di edifici dotati di impianti termici centralizzati amministrati in condominio e nel caso di soggetti diversi dalle persone fisiche gli obblighi e le responsabilità posti a carico del proprietario dal presente regolamento sono da intendersi riferiti agli Amministratori;
l) per "ristrutturazione di un impianto termico", gli interventi rivolti a trasformare l'impianto termico mediante un insieme sistematico di opere che comportino la modifica sostanziale sia dei sistemi di produzione che di distribuzione del calore; rientrano in questa categoria anche la trasformazione di un impianto termico centralizzato in impianti termici individuali nonché la risistemazione impiantistica nelle singole unità immobiliari o parti di edificio in caso di installazione di un impianto termico individuale previo distacco dall'impianto termico centralizzato;

m) per "sostituzione di un generatore di calore", la rimozione di un vecchio generatore e l'installazione di un altro nuovo destinato ad erogare energia termica alle medesime utenze;
n) per "esercizio e manutenzione di un impianto termico", il complesso di operazioni che comporta l'assunzione di responsabilità finalizzata alla gestione degli impianti includente: conduzione, manutenzione ordinaria e straordinaria e controllo, nel rispetto delle norme in materia di sicurezza, di contenimento dei consumi energetici e di salvaguardia ambientale;
o) per "terzo responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico", la persona fisica o giuridica che, essendo in possesso dei requisiti previsti dalle normative vigenti e comunque di idonea capacità tecnica, economica, organizzativa, è delegata dal proprietario ad assumere la responsabilità dell'esercizio, della manutenzione e dell'adozione delle misure necessarie al contenimento dei consumi energetici;
p) per "contratto servizio energia", l'atto contrattuale che disciplina l'erogazione dei beni e servizi necessari a mantenere le condizioni di comfort negli edifici nel rispetto delle vigenti leggi in materia di uso razionale dell'energia, di sicurezza e di salvaguardia dell'ambiente, provvedendo nel contempo al miglioramento del processo di trasformazione e di utilizzo dell'energia;
q) per "valori nominali" delle potenze e dei rendimenti di cui ai punti successivi, quelli dichiarati e garantiti dal costruttore per il regime di funzionamento continuo;
r) per "potenza termica del focolare" di un generatore di calore, il prodotto del potere calorifico inferiore del combustibile impiegato e della portata di combustibile bruciato; l'unità di misura utilizzata è il kW;
s) per "potenza termica convenzionale" di un generatore di calore, la potenza termica del focolare diminuita della potenza termica persa al camino; l'unità di misura utilizzata è il kW;
t) per "potenza termica utile" di un generatore di calore, la quantità di calore trasferita nell'unità di tempo al fluido termovettore, corrispondente alla potenza termica del focolare diminuita della potenza termica scambiata dall'involucro del generatore con l'ambiente e della potenza termica persa al camino; l'unità di misura utilizzata è il kW;
u) per "rendimento di combustione", sinonimo di "rendimento termico convenzionale" di un generatore di calore, il rapporto tra la potenza termica convenzionale e la potenza termica del focolare;
v) per "rendimento termico utile" di un generatore di calore, il rapporto tra la potenza termica utile e la potenza termica del focolare;
w) per "temperatura dell'aria in un ambiente", la temperatura dell'aria misurata secondo le modalità prescritte dalla norma tecnica UNI 5364;
z) per "gradi giorno" di una località, la somma, estesa a tutti i giorni di un periodo annuale convenzionale di riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura dell'ambiente, convenzionalmente fissata a 20°C, e la temperatura media esterna giornaliera; l'unità di misura utilizzata è il grado giorno (GG).

Art.2.
(Individuazione della zona climatica e dei gradi giorno)

1. Il territorio nazionale è suddiviso nelle seguenti sei zone climatiche in funzione dei gradi - giorno, indipendentemente dalla ubicazione geografica:
Zona A: comuni che presentano un numero di gradi - giorno non superiore a 600;
Zona B: comuni che presentano un numero di gradi - giorno maggiore di 600 e non superiore a 900;
Zona C: comuni che presentano un numero di gradi giorno maggiore di 900 e non superiore a 1.400;
Zona D: comuni che presentano un numero di gradi - giorno maggiore di 1.400 e non superiore a 2.100;
Zona E: comuni che presentano 1m numero di gradi - giorno maggiore di 2.100 e non superiore a 3.000;
Zona F: comuni che presentano un numero di gradi - giorno maggiore di 3.000.
2. La tabella in allegato A, ordinata per regioni e province, riporta per ciascun comune l'altitudine della casa comunale, i gradi giorno e la zona climatica di appartenenza. Detta

tabella può essere modificata ed integrata, con decreto del Ministro dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato, anche in relazione all'istituzione di nuovi comuni o alle modificazioni dei territori comunali, avvalendosi delle competenze tecniche dell'ENEA ed in conformità ad eventuali metodologie che verranno fissate dall'UNI.
3. I comuni comunque non indicati nell'allegato A o nelle sue successive modificazioni ed integrazioni adottano, con provvedimento del Sindaco, i gradi giorno riportati nella tabella suddetta per il comune più vicino in linea d'aria, sullo stesso versante, rettificati, in aumento o in diminuzione, di una quantità pari ad un centesimo del numero di giorni di durata convenzionale del periodo di riscaldamento di cui all'art. 9 comma 2 per ogni metro di quota sul livello del mare in più o in meno rispetto al comune di riferimento. I1 provvedimento è reso noto dal Sindaco agli abitanti del Comune con pubblici avvisi entro 5 giorni dall'adozione del provvedimento stesso e deve essere comunicato al Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato ed all'ENEA ai fini delle successive modifiche dell'allegato A.
4. I Comuni aventi porzioni edificate del proprio territorio a quota superiore rispetto alla quota della casa comunale, quota indicata nell'allegato A, qualora detta circostanza, per effetto della rettifica dei gradi giorno calcolata secondo le indicazioni di cui al comma 3, comporti variazioni della zona climatica, possono, mediante provvedimento del Sindaco, attribuire esclusivamente a dette porzioni del territorio una zona climatica differente da quella indicata in allegato A. Il provvedimento deve essere notificato al Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato e all'ENEA e diventa operativo qualora entro 90 giorni dalla notifica di cui sopra non pervenga un provvedimento di diniego ovvero un provvedimento interruttivo del decorso del termine da parte del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato. Una volta operativo il provvedimento viene reso noto dal Sindaco agli abitanti mediante pubblici avvisi e comunicato per conoscenza alla regione ed alla provincia di appartenenza.

Art.3.
(Classificazione generale degli edifici per categorie)

1. Gli edifici sono classificati in base alla loro destinazione d'uso nelle seguenti categorie:
E.1 Edifici adibiti a residenza e assimilabili:
E.1 (1) abitazioni adibite a residenza con carattere continuativo, quali abitazioni civili e rurali, collegi, conventi, case di pena, caserme;
E.1 (2) abitazioni adibite a residenza con occupazione saltuaria, quali case per vacanze, fine settimana e simili;
E.1 (3) edifici adibiti ad albergo, pensione ed attività similari;
E.2 Edifici adibiti a uffici e assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività Industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico;
E.3 Edifici adibiti a ospedali, cliniche o case di cura e assimilabili ivi compresi quelli adibiti a ricovero o cura di minori o anziani nonché le strutture protette per l'assistenza ed il recupero dei tossico-dipendenti e di altri soggetti affidati a servizi sociali pubblici;
E.4 Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili:
E.4 (1) quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi;
E.4 (2) quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto;
E.4 (3) quali bar, ristoranti, sale da ballo;
E.5 Edifici adibiti ad attività commerciali e assimilabili: quali negozi, magazzini di vendita all'ingrosso o al minuto, supermercati, esposizioni;
E.6 Edifici adibiti ad attività sportive:
E.6 (1) piscine, saune e assimilabili;
E.6 (2) palestre e assimilabili;
E.6 (3) servizi di supporto alle attività sportive;
E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
E.8 Edifici adibiti ad attività industriali ed artigianali e assimilabili.
2. Qualora un edificio sia costituito da parti individuabili come appartenenti a categorie diverse, le stesse devono essere considerate separatamente e cioè ciascuna nella categoria che le compete.

Art.4.
(Valori massimi della temperatura ambiente)
1. Durante il periodo in cui è in funzione l'impianto di climatizzazione invernale, la media aritmetica delle temperature dell'aria nei diversi ambienti di ogni singola unità immobiliare, definite e misurate come indicato al comma 1 lettera w dell'articolo 1, non deve superare i seguenti valori con le tolleranze a fianco indicate:
a) 18°C + 2°C di tolleranza per gli edifici rientranti nella categoria E.8;
b) 20°C + 2°C di tolleranza per gli edifici rientranti nelle categorie diverse da E.8.
2. I1 mantenimento della temperatura dell'aria negli ambienti entro i limiti fissati al comma I deve essere ottenuto con accorgimenti che non comportino spreco di energia.
3. Per gli edifici classificati E.3, ed E.6 (1), le autorità comunali, con le procedure di cui al comma 5, possono concedere deroghe motivate al limite massimo del valore della temperatura dell'aria negli ambienti durante il periodo in cui è in funzione l'impianto di climatizzazione invernale, qualora elementi oggettivi legati alla destinazione d'uso giustifichino temperature più elevate di detti valori.
4. Per gli edifici classificati come E.8 sono concesse deroghe al limite massimo della temperatura dell'aria negli ambienti, durante il periodo in cui è in funzione l'impianto di climatizzazione invernale, qualora si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:
a) le esigenze tecnologiche o di produzione richiedano temperature superiori al valore limite;
b) l'energia termica per il riscaldamento ambiente derivi da sorgente non convenientemente utilizzabile in altro modo.
5. Ferme restando le deroghe già concesse per gli edifici esistenti in base alle normative all'epoca vigenti, i valori di temperatura fissati in deroga ai sensi dei commi 3 e 4 devono essere riportati nella relazione tecnica di cui all'articolo 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10 assieme agli elementi tecnici di carattere oggettivo che li giustificano. Prima dell'inizio lavori le autorità comunali devono fornire il benestare per l'adozione di tali valori di temperatura; qualora il consenso non pervenga entro 60 giorni dalla presentazione della suddetta relazione tecnica, questo si intende accordato, salvo che non sia stato notificato prima della scadenza un provvedimento interruttivo o di diniego riguardante le risultanze della relazione tecnica.

Art.5.
(Requisiti e dimensionamento degli impianti termici)
1. Gli impianti termici di nuova installazione nonché quelli sottoposti a ristrutturazione devono essere dimensionati in modo da assicurare, in relazione a:
- il valore massimo della temperatura interna previsto dall'art.4,
- le caratteristiche climatiche della zona,
- le caratteristiche termofisiche dell'involucro edilizio,
- il regime di conduzione dell'impianto in base agli obblighi di intermittenza-attenuazione previsti dall'art. 9 del presente decreto, un "rendimento globale medio stagionale", definito al successivo comma 2, non inferiore al seguente valore:
n(eta) g = (65 + 3 log Pn)%
dove log Pn è il logaritmo in base 10 della potenza utile nominale del generatore o del complesso dei generatori di calore al servizio del singolo impianto termico, espressa in kW.
2. I1 "rendimento globale medio stagionale" dell'impianto termico è definito come rapporto tra il fabbisogno di energia termica utile per la climatizzazione invernale e l'energia primaria delle fonti energetiche, ivi compresa l'energia elettrica ed è calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio di cui all'art. 9. Ai fini della conversione dell'energia elettrica in energia primaria si considera l'equivalenza:
10 MJ = l kWh.
Il rendimento globale medio stagionale risulta dal prodotto dei seguenti rendimenti medi stagionali:
- rendimento di produzione,
- rendimento di regolazione,

- rendimento di distribuzione,
- rendimento di emissione, e deve essere calcolato secondo le metodologie e le indicazioni riportate nelle norme tecniche UNI che verranno pubblicate entro il 31 ottobre 1993 e recepite dal Ministero dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato entro i successivi trenta giorni.

3. Nella sostituzione di generatori di calore il dimensionamento del o dei generatori stessi deve essere effettuato in modo tale che il "rendimento di produzione medio stagionale" definito come il rapporto tra l'energia termica utile generata ed immessa nella rete di distribuzione e l'energia primaria delle fonti energetiche, compresa l'energia elettrica, calcolato con riferimento al periodo annuale di esercizio di cui all'art. 9, risulti non inferiore al seguente valore:
n(eta) p = (77 + 3 log Pn)%
per il significato di log Pn e per il fattore di conversione dell'energia elettrica in energia primaria vale quanto specificato al commi 1 e 2.
4. I1 "rendimento di produzione medio stagionale" deve essere calcolato secondo le metodologie e le indicazioni riportate nelle norme tecniche UNI di cui al comma 2.
5. Negli impianti termici ad acqua calda per la climatizzazione invernale con potenza nominale superiore a 350 kW, la potenza deve essere ripartita almeno su due generatori di calore. Alla ripartizione di cui sopra è ammessa
deroga nel caso di sostituzione di generatore di calore già esistente, qualora ostino obiettivi impedimenti di natura tecnica o economica quali ad esempio la limitata disponibilità di spazio nella centrale termica.
6. Negli impianti termici di nuova installazione, nonché in quelli sottoposti a ristrutturazione, la produzione centralizzata dell'energia termica necessaria alla climatizzazione invernale degli ambienti ed alla produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari per una pluralità di utenze, deve essere effettuata con generatori di calore separati, fatte salve eventuali situazioni per le quali si possa dimostrare che l'adozione di un unico generatore di calore non determini maggiori consumi di energia o comporti impedimenti di natura tecnica o economica. Gli elementi tecnico-economici che giustificano la scelta di un unico generatore vanno riportati nella relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10. L'applicazione della norma tecnica UNI 8065, relativa ai sistemi di trattamento dell'acqua, è prescritta, nei limiti e con le specifiche indicate nella norma stessa, per gli impianti termici di nuova installazione con potenza complessiva superiore o uguale a 350 kW.
7. Negli impianti termici di nuova installazione e in quelli sottoposti a ristrutturazione, i generatori di calore destinati alla produzione centralizzata di acqua calda per usi igienici e sanitari per una pluralità di utenze di tipo abitativo devono essere dimensionati secondo le norme tecniche UNI 9182, devono disporre di un sistema di accumulo dell'acqua calda di capacità adeguata, coibentato in funzione del diametro dei serbatoi secondo le indicazioni valide per tubazioni di cui all'ultima colonna dell'allegato B e devono essere progettati e condotti in modo che la temperatura dell'acqua, misurata nel punto di immissione della rete di distribuzione, non superi i 48°C, + 5°C di tolleranza.
8. Negli impianti termici di nuova installazione, nella ristrutturazione degli impianti termici nonché nella sostituzione di generatori di calore destinati alla produzione di energia per la climatizzazione invernale o per la produzione di acqua calda sanitaria, per ciascun generatore di calore deve essere realizzato almeno un punto di prelievo dei prodotti della combustione sul condotto tra la cassa dei fumi del generatore stesso ed il camino allo scopo di consentire l'inserzione di sonde per la determinazione del rendimento di combustione e della composizione dei gas di scarico ai fini del rispetto delle vigenti disposizioni.
9. Gli impianti termici siti negli edifici costituiti da più unità immobiliari devono essere collegati ad appositi camini, canne fumarie o sistemi di evacuazione dei prodotti di combustione, con sbocco sopra il tetto dell'edificio alla quota prescritta dalla regolamentazione tecnica vigente, nei seguenti casi:
- nuove installazioni di impianti termici, anche se al servizio delle singole unità immobiliari,
- ristrutturazioni di impianti termici centralizzati,
- ristrutturazioni della totalità degli impianti termici individuali appartenenti ad uno stesso edificio,

- trasformazioni da impianto termico centralizzato a impianti individuali.
- impianti termici individuali realizzati dai singoli previo distacco dall'impianto centralizzato.

Fatte salve diverse disposizioni normative, ivi comprese quelle contenute nei regolamenti edilizi locali e loro successive modificazioni, le disposizioni del presente comma possono non essere applicate in caso di mera sostituzione di generatori di calore individuali e nei seguenti casi, qualora si adottino generatori di calore che, per i valori di emissioni nei prodotti della combustione, appartengano alla classe meno inquinante prevista dalla norma tecnica UNI EN 297:

- singole ristrutturazioni di impianti termici individuali già esistenti, siti in stabili plurifamiliari, qualora nella versione iniziale non dispongano già di camini, canne fumarie o sistemi di evacuazione dei prodotti della combustione con sbocco sopra il tetto dell'edificio, funzionali ed idonei o comunque adeguabili alla applicazione di apparecchi con combustione asservita da ventilatore;
- nuove installazioni di impianti termici individuali in edificio assoggettato dalla legislazione nazionale o regionale vigente a categorie di intervento di tipo conservativo, precedentemente mai dotato di alcun tipo di impianto termico, a condizione che non esista camino, canna fumaria o sistema di evacuazione fumi funzionale ed idoneo, o comunque adeguabile allo scopo.

Resta ferma anche per le disposizioni del presente articolo l'inapplicabilità agli apparecchi non considerati impianti termici in base all'art. 1, comma 1 lettera f), quali: stufe, caminetti, radiatori individuali, scaldacqua unifamiliari.

10. In tutti i casi di nuova installazione o di ristrutturazione dell'impianto termico, che comportino l'installazione di generatori di calore individuali che rientrano nel campo di applicazione della direttiva 90/396/CEE del 29 giugno 1990 [a], e' prescritto l'impiego di generatori muniti di marcatura CE. In ogni caso i generatori di calore di tipo B1 (secondo classificazione della norma tecnica UNI-CIG 7129) installati all'interno di locali abitati devono essere muniti all'origine di un dispositivo di sicurezza dello scarico dei prodotti della combustione, secondo quanto indicato nella norma tecnica UNI-CIG EN 297 del 1996. Al fine di garantire una adeguata ventilazione, nel caso di installazione di generatori di tipo B1 in locali abitati, dovrà essere realizzata, secondo le modalità previste al punto 3.2.1 della norma tecnica UNI-CIG 7129, apposita apertura di sezione libera totale non inferiore a 0,4 metri quadrati [b].

NOTE:

(a) Direttiva 90/396/CEE: all'interno dei locali abitati potevano essere posti in opera anche generatori di calore con focolare aperto di tipo B1, purché rispondenti alle norme di sicurezza di cui alla stessa direttiva e relative sia ai generatori di calore che alle caratteristiche dei locali in cui questi venivano installati.

Sentenza 25 marzo 1999 della Corte di Giustizia della UE: la Repubblica Italiana "è venuta meno agli obblighi impostile dal diritto comunitario" e, quindi, limitato la libera circolazione nei territori della UE degli apparecchi a gas. La sentenza era immediatamente operativa e, quindi, da quella data, l'articolo 5, comma 10, del DPR 412/1993 non poteva più essere applicato

(b) Apertura di 0,4 mq: significa un'apertura quadrata di lato pari a circa 0,65 m. Va contro:

- il risparmio energetico

- la norma UNI 7129 che prescrive un'apertura di ventilazione di superficie pari a 6 cm2 per ogni kW di portata termica installata con un minimo di 100 cm2

(generatore di 35 kW - superficie minima di 210 cm2)

(generatore di 10 - 15 kW - l'apertura si riduce al minimo di 100 cm2)

- nuovo decreto si adegua alla norma europea (e quindi anche alla sentenza della Corte di Giustizia delle Comunità europee) solo formalmente e non sostanzialmente.

Non si applica nel caso di mera sostituzione (potenzialità nuova caldaia uguale a quella da sostituire) anche se non è espressamente previsto.

E' già stato fatto ricorso nuovamente alla Corte di Giustizia delle Comunità europee ed è molto probabile che anche questa norma verrà censurata dall'Unione Europea.

11. Negli impianti termici di nuova installazione e nelle opere di ristrutturazione degli impianti termici, la rete di distribuzione deve essere progettata in modo da assicurare un valore del rendimento medio stagionale di distribuzione compatibile con le disposizioni di cui al comma 1 relative al rendimento globale medio stagionale. In ogni caso, come prescrizione minimale, tutte le tubazioni di distribuzione del calore, comprese quelle montanti in traccia o situate nelle

intercapedini delle tamponature a cassetta, anche quando queste ultime siano isolate termicamente, devono essere installate e coibentate, secondo le modalità riportate nell'allegato B al presente decreto. La messa in opera della coibentazione deve essere effettuata in modo da garantire il mantenimento delle caratteristiche fisiche e funzionali dei materiali coibenti e di quelli da costruzione, tenendo conto in particolare della permeabilità al vapore dello strato isolante, delle condizioni termoigrometriche dell'ambiente, della temperatura del fluido termovettore. Tubazioni portanti fluidi a temperature diverse, quali ad esempio le tubazioni di mandata e ritorno dell'impianto termico, devono essere coibentate separatamente.

12. Negli impianti termici di nuova installazione e in quelli sottoposti a ristrutturazione, qualora siano circoscrivibili zone di edificio a diverso fattore di occupazione (ad esempio singoli appartamenti ed uff1ci, zone di guardiania, uffici amministrativi nelle scuole), è prescritto che l'impianto termico per la climatizzazione invernale sia dotato di un sistema di distribuzione a zone che consenta la parzializzazione di detta climatizzazione in relazione alle condizioni di occupazione dei locali.

13. Negli impianti termici di nuova installazione e nei casi di ristrutturazione dell'impianto termico, qualora per il rinnovo dell'aria nei locali siano adottati sistemi a ventilazione meccanica controllata, è prescritta l'adozione di apparecchiature per il recupero del calore disperso per rinnovo dell'aria ogni qual volta la portata totale dell'aria di ricambio G ed il numero di ore annue di funzionamento M dei sistemi di ventilazione siano superiori ai valori limite riportati nell'allegato C del presente decreto.

14. L'installazione nonché la ristrutturazione degli impianti termici deve essere effettuata da un soggetto in possesso dei requisiti di cui agli art. 2 e 3 della legge 5 marzo 1990, n. 46, attenendosi alle prescrizioni contenute nella relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10.

15. Per gli edifici di proprietà pubblica o adibiti ad uso pubblico è fatto obbligo, ai sensi del comma 7 dell'art. 26 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, di soddisfare il fabbisogno energetico favorendo il ricorso a fonti rinnovabili di energia o assimilate ai sensi dell'art. 1 comma 3 della legge 10 stessa, salvo impedimenti di natura tecnica od economica. Per quanto riguarda gli impianti termici, tale obbligo si determina in caso di nuova installazione o di ristrutturazione. Gli eventuali impedimenti di natura tecnica od economica devono essere evidenziati nel progetto e nella relazione tecnica di cui al comma 1 dell'art. 28 della legge stessa relativi all'impianto termico, riportando le specifiche valutazioni che hanno determinato la non applicabilità del ricorso alle fonti rinnovabili o assimilate.

16. Ai fini di cui al comma 15 il limite di convenienza economica, per gli impianti di produzione di energia di nuova installazione o da ristrutturare, che determina l'obbligo del ricorso alle fonti rinnovabili di energia o assimilate è determinato dal recupero entro un periodo di otto armi degli extracosti dell'impianto che utilizza le fonti rinnovabili o assimilate rispetto ad un impianto convenzionale; il recupero, calcolato come tempo di ritorno semplice, è determinato dalle minori spese per l'acquisto del combustibile, o di altri vettori energetici, valutate ai costi di fornitura all'atto della compilazione del progetto, e dagli eventuali introiti determinati dalla vendita della sovrapproduzione di energia elettrica o termica a terzi. Il tempo di ritorno semplice è elevato da otto a dieci anni per edifici siti nei centri urbani dei comuni con popolazione superiore a 50.000 abitanti, al fine di tener conto della maggiore importanza dell'impatto ambientale.

17. Nel caso l'impianto per produzione di energia venga utilizzato oltre che per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda per usi igienici e sanitari anche per altri usi, compreso l'utilizzo di energia meccanica e l'utilizzo o la vendita a terzi di energia elettrica, le valutazioni comparative tecniche ed economiche di cui ai commi 15 e 16 vanno effettuate globalmente tenendo conto anche dei suddetti utilizzi e vendite.

18. L'allegato D al presente decreto individua alcune tecnologie di utilizzo delle fonti rinnovabili di energia o assimilate elettivamente indicate per la produzione di energia per specifiche categorie di edifici. L'adozione di dette tecnologie per dette categorie di edifici deve essere specificatamente valutata in sede di progetto e di relazione tecnica di cui all'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10 senza che tale adempimento esoneri il progettista dal valutare la

possibilità al ricorso ad altre tecnologie d'utilizzo di fonti rinnovabili di energia o assimilate, da lui ritenute valide.

Art. 6.
(Rendimento minimo dei generatori di calore)
1. Negli impianti termici di nuova installazione, nella ristrutturazione degli impianti termici nonché nella sostituzione di generatori di calore, i generatori di calore ad acqua calda di potenza nominale utile pari o inferiore a 400 kW devono avere un "rendimento termico utile" conforme a quanto prescritto dal decreto del Presidente della Repubblica 15 novembre 1996, n. 660. I generatori ad acqua calda di potenza superiore devono rispettare i limiti di rendimento fissati dal medesimo decreto del Presidente della Repubblica per le caldaie di potenza pari a 400 kW. I generatori di calore ad aria calda devono avere un "rendimento di combustione" non inferiore ai valori riportati nell'allegato E al presente decreto**.**
2. Alle disposizioni di cui al comma 1 non sono soggetti:
a) i generatori di calore alimentati a combustibili solidi,
b) i generatori di calore appositamente concepiti per essere alimentati con combustibili le cui caratteristiche si discostano sensibilmente da quelle dei combustibili liquidi o gassosi comunemente commercializzati, quali ad esempio gas residui di lavorazioni, biogas;
c) i generatori di calore policombustibili limitatamente alle condizioni di funzionamento con combustibili di cui alla lettera b.
NOTE:
Si tratta, quindi, di un adeguamento del DPR 412/1993 al successivo DPR 660/1996 che ha stabilito rendimenti diversi a seconda di caldaie standard, caldaie a bassa temperatura e caldaie a condensazione, mentre per i generatori di aria calda si continuerà a fare riferimento al "rendimento di combustione" e ai valori riportati nell'allegato E al DPR 412/1993.

Art.7
(Termoregolazione e contabilizzazione)
1. Fermo restando che gli edifici la cui concessione edilizia sia stata rilasciata antecedentemente all'entrata in vigore del presente decreto devono disporre dei sistemi di regolazione e controllo previsti dalle precedenti normative, le disposizioni contenute nel presente articolo si applicano agli impianti termici di nuova installazione e nei casi di ristrutturazione degli impianti termici.
2. Negli impianti termici centralizzati adibiti al riscaldamento ambientale per una pluralità di utenze, qualora la potenza nominale del generatore di calore o quella complessiva dei generatori di calore sia uguale o superiore a 35 kW, è prescritta l'adozione di un gruppo termoregolatore dotato di programmatore che consenta la regolazione della temperatura ambiente almeno su due livelli a valori sigillabili nell'arco delle 24 ore. Il gruppo termoregolatore deve essere pilotato da una sonda termometrica di rilevamento della temperatura esterna. La temperatura esterna e le temperature di mandata e di ritorno del fluido termovettore devono essere misurate con una incertezza non superiore a più o meno 2°C.
3. Ai sensi del comma 6 dell'articolo 26 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, gli impianti di riscaldamento al servizio di edifici di nuova costruzione, la cui concessione edilizia sia stata rilasciata dopo il 18 luglio 1991, data di entrata in vigore di detto articolo 26, devono essere progettati e realizzati in modo tale da consentire l'adozione di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del calore per ogni singola unità immobiliare. Ai sensi del comma 3 dell'articolo 26 della legge 9 gennaio 1991[a], n. 10, gli impianti termici al servizio di edifici di nuova costruzione, la cui concessione edilizia sia rilasciata dopo il 30 giugno 2000, devono essere dotati di sistemi di termoregolazione e di contabilizzazione del consumo energetico per ogni singola unita' immobiliare.

NOTE:

(a) Art. 26 comma 3 della legge 9 gennaio 1991 n. 10: gli edifici pubblici e privati, qualunque ne sia la destinazione d'uso, e gli impianti non di processo ad essi associati devono essere progettati e messi in opera in modo tale da contenere al massimo, in relazione al progresso della tecnica, i consumi di energia termica ed elettrica.

La nuova norma prevede, quindi, non la semplice e successiva possibilità di inserimento dei sistemi di termoregolazione e contabilizzazione, ma la loro effettiva progettazione e installazione, sia negli edifici pubblici che privati.

4. I1 sistema di termoregolazione di cui al comma 2 del presente articolo può essere dotato di un programmatore che consenta la regolazione su un solo livello di temperatura ambiente qualora in ogni singola unità immobiliare sia effettivamente installato e funzionante un sistema di contabilizzazione del calore e un sistema di termoregolazione pilotato da una o più sonde di misura della temperatura ambiente dell'unità immobiliare e dotato di programmatore che consenta la regolazione di questa temperatura almeno su due livelli nell'arco delle 24 ore.
5. Gli edifici o le porzioni di edificio che in relazione alla loro destinazione d'uso sono normalmente soggetti ad una occupazione discontinua nel corso della settimana o del mese devono inoltre disporre di un programmatore settimanale o mensile che consenta lo spegnimento del generatore di calore o l'intercettazione o il funzionamento in regime di attenuazione del sistema di riscaldamento nei periodi di non occupazione.
6. Gli impianti termici per singole unità immobiliari destinati, anche se non esclusivamente, alla climatizzazione invernale devono essere parimenti dotati di un sistema di termoregolazione pilotato da una o più sonde di misura della temperatura ambiente con programmatore che consenta la regolazione di questa temperatura su almeno due livelli di temperatura nell'arco delle 24 ore.
7. A1 fine di non determinare sovrariscaldamento nei singoli locali di una unità immobiliare per effetto degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni è opportuna l'installazione di dispositivi per la regolazione automatica della temperatura ambiente nei singoli locali o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso ed esposizioni uniformi. L'installazione di detti dispositivi è aggiuntiva rispetto ai sistemi di regolazione di cui ai precedenti commi 2, 4, 5 e 6, ove tecnicamente compatibile con l'eventuale sistema di contabilizzazione, ed è prescritta nei casi in cui la somma dell'apporto termico solare mensile, calcolato nel mese a maggiore insolazione tra quelli interamente compresi nell'arco del periodo annuale di esercizio dell'impianto termico, e degli apporti gratuiti interni convenzionali sia superiore al 20% del fabbisogno energetico complessivo calcolato nello stesso mese.
8. L'eventuale non adozione dei sistemi di cui al comma 7 deve essere giustificata in sede di relazione tecnica di cui al comma 1 dell'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10; in particolare la valutazione degli apporti solari e degli apporti gratuiti interni deve essere effettuata utilizzando la metodologia indicata dalle norme tecniche UNI di cui al comma 3 dell'art. 8.
9. Nel caso di installazione in centrale termica di più generatori di calore, il loro funzionamento deve essere attivato in maniera automatica in base al carico termico dell'utenza.

Art.8.
(Valori limite del fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale)

1. Ai fini dell'applicazione del presente decreto il fabbisogno energetico convenzionale per la climatizzazione invernale è la quantità di energia primaria globalmente richiesta, nel corso di un anno, per mantenere negli ambienti riscaldati la temperatura al valore costante di 20°C con un adeguato ricambio d'aria durante una stagione di riscaldamento il cui periodo è convenzionalmente fissato:
a) per le zone climatiche A, B, C, D, E dal comma 2 dell'articolo 9 del presente decreto;
b) per la zona climatica F in 200 giorni a partire dal 5 di ottobre, senza che ciò determini alcuna limitazione dell'effettivo periodo annuale di esercizio.
2. Il fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale (FEN) è il fabbisogno energetico convenzionale di cui al precedente comma 1 diviso per il volume riscaldato e i gradi giorno della località . L'unità di misura utilizzata è il kJ/m3 GG.
3. I1 calcolo del fabbisogno energetico convenzionale per la climatizzazione invernale definito al comma 1 ed il calcolo del fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale definito al comma 2 devono essere effettuati con la metodologia indicata dalle norme

tecniche UNI che verranno pubblicate entro il 31 ottobre 1993 e recepite dal Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato entro i successivi trenta giorni; tale calcolo deve essere riportato nella relazione tecnica di cui al comma 1 dell'art. 28 della legge 9 gennaio 1991, n. 10.

4. La metodologia UNI di cui al comma 3 esprime il bilancio energetico del sistema edificio-impianto termico e tiene conto, in termini di apporti:
- dell'energia primaria immessa nella centrale termica attraverso i vettori energetici,
- dell'energia solare fornita all'edificio,
- degli apporti gratuiti interni quali, ad esempio, quelli dovuti al metabolismo degli abitanti, all'uso della cucina, agli elettrodomestici, all'illuminazione,

in termini di perdite:
- dell'energia persa per trasmissione e per ventilazione attraverso l'involucro edilizio, comprendente quest'ultima anche l'energia associata all'umidità,
- dell'energia persa dall'impianto termico nelle fasi di produzione, regolazione, distribuzione ed emissione del calore.

5. Per edifici con volumetria totale lorda climatizzata inferiore a 10.000 m3 è ammesso un calcolo semplificato del fabbisogno energetico convenzionale e del fabbisogno energetico normalizzato, basato su un bilancio energetico del sistema edificio impianto che tiene conto, in termini di apporti;
- dell'energia primaria immessa nella centrale termica attraverso i vettori energetici,

in termini di perdite:
- dell'energia persa per trasmissione e per ventilazione attraverso l'involucro edilizio, comprendente quest'ultima anche l'energia associata all'umidità,
- dell'energia persa dall'impianto termico nelle fasi di produzione, regolazione, distribuzione ed emissione del calore.

6. Il calcolo del coefficiente di dispersione volumica per trasmissione dell'involucro edilizio deve essere effettuato utilizzando le norme UNI 7357 e non deve superare i valori che saranno fissati dai regolamenti di cui ai commi 1 e 2 dell'art. 4 della legge 9 gennaio 1991, n. 10. In attesa della emanazione di detti regolamenti, i valori limite di tale coefficiente restano fissati in conformità di quanto disposto dal decreto del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di concerto con il Ministro dei lavori pubblici del 30 luglio 1986 pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 20 ottobre 1986, n. 244.

7. Il valore del fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale di cui al comma 2, calcolato con le metodologie di cui ai commi 3, 4, 5, 6, deve risultare inferiore al seguente valore limite:

$FEN_{lim} = [(Cd + 0.34\ n) - k_u\ (0.01\ I/dTm + a/dTm)]\ 86.4/n_g$

La predetta formula non è utilizzabile per il calcolo del fabbisogno energetico normalizzato per la climatizzazione invernale; essa serve esclusivamente per la determinazione di un valore limite superiore di detto fabbisogno; il valore dei simboli e delle costanti viene di seguito elencato:

Cd = valore limite del coefficiente di dispersione volumica per trasmissione dell'involucro edilizio, espresso in W/m3 °C, calcolato secondo le indicazioni dell'art. 8. Comma 6;

n = numero dei volumi d'aria ricambiati in un'ora (valore medio nelle 24 ore), espresso in h-1;

0.34 = costante, dimensionata in W h/m^3 °C, che esprime il prodotto del calore specifico dell'aria per la sua densità;

I = media aritmetica dei valori dell'irradianza solare media mensile sul piano orizzontale espressa in W/m^2, la media è estesa a tutti i mesi dell'anno interamente compresi nel periodo di riscaldamento di cui al comma l del presente articolo; i valori saranno forniti dalle norme tecniche UNI di cui al comma 3;

dTm = differenza di temperatura media stagionale espressa in °C; i valori saranno forniti dalle norme tecniche UNI di cui al comma 3;

0.01 = valore convenzionale, espresso in m^{-1}, della superficie ad assorbimento totale dell'energia solare per unità di volume riscaldato;

a = valore degli apporti gratuiti interni, espresso in W/m^3, fissati in conformità a quanto indicato nelle norme tecniche UNI di cui al comma 3;

k_u = coefficiente adimensionato di utilizzazione degli apporti solari e degli apporti gratuiti

interni, calcolato in conformità a quanto indicato nelle norme tecniche UNI di cui al comma 3;
86.4 = migliaia di secondi in un giorno; rappresenta la costante di conversione da W/m^3 °C (dimensioni della espressione tra parentesi nella formula) a kJ/m^3 GG (dimensione del FEN);
n_g = valore del rendimento globale medio stagionale definito all'art. 5 comma l.
8. Il valore n, indica la media giornaliera nelle 24 ore del numero dei volumi d'aria ricambiati in un'ora ed è convenzionalmente fissato in 0.5 per l'edilizia abitativa nel caso non sussistano ricambi meccanici controllati.
9. Nei casi in cui sussistano valori minimi di ricambio d'aria imposti da norme igieniche o sanitarie (in relazione ad esempio: alla destinazione d'uso dell'edificio, all'eventuale presenza nei locali di apparecchi di riscaldamento a focolare aperto), o comunque regolamentati da normative tecniche, il valore di n è convenzionalmente fissato pari ad 1.1 volte i valori succitati, che devono comunque essere espressi in termini di valori medi giornalieri nelle 24 ore.
10. Per edifici con volumetria totale lorda climatizzata inferiore a 10.000 m^3, nel caso sia stato utilizzato il calcolo semplificato di cui al punto 5, il valore limite del fabbisogno energetico normalizzato per climatizzazione invernale, dovrà essere calcolato mediante la formula di cui al comma 7 ponendo I = 0, a = 0.
11. La formulazione del valore limite del fabbisogno energetico normalizzato di cui al comma 7 potrà essere variata, anche in relazione all'evoluzione della normativa nazionale o comunitaria, mediante decreto del Ministro dell'Industria del Commercio e dell'Artigianato.

Art.9
(Limiti di esercizio degli impianti termici)

1. Gli impianti termici destinati alla climatizzazione invernale degli ambienti devono essere condotti in modo che, durante il loro funzionamento, non vengano superati i valori massimi di temperatura fissati dall'articolo 4 del presente decreto.
2. L'esercizio degli impianti termici è consentito con i seguenti limiti massimi relativi al periodo annuale di esercizio dell'impianto termico ed alla durata giornaliera di attivazione:
Zona A: ore 6 giornaliere dal 1 dicembre al 15 marzo;
Zona B: ore 8 giornaliere dal 1 dicembre al 31 marzo,
Zona C: ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo;
Zona D: ore 12 giornaliere dal 1 novembre al 15 aprile;
Zona E: ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile;
Zona F: nessuna limitazione.
Al di fuori di tali periodi gli impianti termici possono essere attivati solo in presenza di situazioni climatiche che ne giustifichino l'esercizio e comunque con una durata giornaliera non superiore alla metà di quella consentita a pieno regime.
3. E' consentito il frazionamento dell'orario giornaliero di riscaldamento in due o più sezioni.
4. La durata di attivazione degli impianti non ubicati nella zona F deve essere comunque compresa tra le ore 5 e le ore 23 di ciascun giorno.
5. Le disposizioni di cui ai commi 2 e 4, relative alla limitazione del periodo annuale di esercizio ed alla durata giornaliera di attivazione non si applicano:
a) agli edifici rientranti nella categoria E.3;
b) alle sedi delle rappresentanze diplomatiche e di organizzazioni internazionali, che non siano ubicate in stabili condominiali;
c) agli edifici rientranti nella categoria E.7, solo se adibiti a scuole materne e asili nido;
d) agli edifici rientranti nella categoria E.1 (3), adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
e) agli edifici rientranti nella categoria E.6 (1), adibiti a piscine saune e assimilabili;
f) agli edifici rientranti nella categoria E.8, nei casi in cui ostino esigenze tecnologiche o di produzione.
6. Le disposizioni di cui ai commi 2 e 4 non si applicano, limitatamente alla sola durata giornaliera di attivazione degli impianti termici per il riscaldamento degli edifici, nei seguenti casi:
a) edifici rientranti nella categoria E.2 ed E.5, limitatamente alle parti adibite a servizi senza interruzione giornaliera delle attività;

b) impianti termici che utilizzano calore proveniente da centrali di cogenerazione con produzione combinata di elettricità e calore;
c) impianti termici che utilizzano sistemi di riscaldamento di tipo a pannelli radianti incassati nell'opera muraria;
d) impianti termici al servizio di uno o più edifici dotati di circuito primario, al solo fine di alimentare gli edifici di cui alle deroghe previste al comma 5, di produrre acqua calda per usi igienici e sanitari, nonché al fine di mantenere la temperatura dell'acqua nel circuito primario al valore necessario a garantire il funzionamento dei circuiti secondari nei tempi previsti;
e) impianti termici centralizzati di qualsivoglia potenza, dotati di apparecchi per la produzione di calore aventi valori minimi di rendimento non inferiori a quelli richiesti per i generatori di calore installati dopo l'entrata in vigore del presente regolamento e dotati di gruppo termoregolatore pilotato da una sonda di rilevamento della temperatura esterna con programmatore che consenta la regolazione almeno su due livelli della temperatura ambiente nell'arco delle 24 ore; questi impianti possono essere condotti in esercizio continuo purché il programmatore giornaliero venga tarato e sigillato per il raggiungimento di una temperatura degli ambienti pari a 16°C + 2°C di tolleranza nelle ore al di fuori della durata giornaliera di attivazione di cui al comma 2 del presente articolo;
f) impianti termici centralizzati di qualsivoglia potenza, dotati di apparecchi per la produzione di calore aventi valori minimi di rendimento non inferiori a quelli richiesti per i generatori di calore installati dopo l'entrata in vigore del presente regolamento e nei quali sia installato e funzionante, in ogni singola unità immobiliare, un sistema di contabilizzazione del calore ed un sistema di termoregolazione della temperatura ambiente dell'unità immobiliare stessa dotato di un programmatore che consenta la regolazione almeno su due livelli di detta temperatura nell'arco delle 24 ore;
g) impianti termici per singole unità immobiliari dotati di apparecchi per la produzione di calore aventi valori minimi di rendimento non inferiori a quelli richiesti per i generatori di calore installati dopo l'entrata in vigore del presente regolamento e dotati di un sistema di termoregolazione della temperatura ambiente con programmatore giornaliero che consenta la regolazione di detta temperatura almeno su due livelli nell'arco delle 24 ore nonché lo spegnimento del generatore di calore sulla base delle necessità dell'utente;
h) impianti termici condotti mediante "contratti di servizio energia" i cui corrispettivi siano essenzialmente correlati al raggiungimento del comfort ambientale nei limiti consentiti dal presente regolamento, purché si veda, durante le ore al di fuori della durata di attivazione degli impianti consentita dal comma 2 ad attenuare la potenza erogata dall'impianto nei limiti indicati alla lettera e);
7. In caso di fabbricato in condominio ciascun condomino o locatario può richiedere che, a cura delle Autorità competenti di cui all'art. 31 comma 3 della legge 9 gennaio 1991, n. 10 e a proprie spese, venga verificata l'osservanza delle disposizioni del presente regolamento.
8. In tutti gli edifici di cui all'art. 3 l'amministratore e, dove questo manchi, il proprietario o i proprietari sono tenuti ad esporre, presso ogni impianto termico centralizzato al servizio di una pluralità di utenti, una tabella concernente:
a) l'indicazione del periodo annuale di esercizio dell'impianto termico e dell'orario di attivazione giornaliera prescelto nei limiti di quanto disposto dal presente articolo;
b) le generalità e il domicilio del soggetto responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico.

Art. 10.
(Facoltà delle Amministrazioni comunali in merito ai limiti di esercizio degli impianti termici)

1. In deroga a quanto previsto dall'art.9, i sindaci, su conforme delibera immediatamente esecutiva della giunta comunale, possono ampliare, a fronte di comprovate esigenze, i periodi annuali di esercizio e la durata giornaliera di attivazione degli impianti termici, sia per i centri abitati, sia per i singoli immobili.
2. I sindaci assicurano l'immediata informazione della popolazione relativamente ai provvedimenti adottati ai sensi del comma 1.

Art. 11.
(Esercizio e manutenzione degli impianti termici e controlli relativi)

1. L'esercizio e la manutenzione degli impianti termici sono affidati al proprietario, definito come alla lettera j) dell'articolo 1, comma 1, o per esso ad un terzo, avente i requisiti definiti alla lettera o) dell'articolo 1, comma 1 [(a)], che se ne assume la responsabilità. L'eventuale atto di assunzione di responsabilità da parte del terzo, che lo espone altresì alle sanzioni amministrative previste dal comma 5 dell'articolo 34 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, deve essere redatto in forma scritta e consegnato al proprietario. Il terzo eventualmente incaricato, non può delegare ad altri le responsabilità assunte, e può ricorrere solo occasionalmente al subappalto delle attività di sua competenza, fermo restando il rispetto della legge 5 marzo 1990 n. 46, per le attività di manutenzione straordinaria, e ferma restando la propria diretta responsabilità ai sensi degli articoli 1667 e seguenti del codice civile. Il ruolo di terzo responsabile di un impianto e' incompatibile con il ruolo di fornitore di energia per il medesimo impianto, a meno che la fornitura sia effettuata nell'ambito di un contratto servizio energia [(b)], con modalità definite con decreto del Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, di concerto con il Ministro delle finanze.

NOTE:

(a) lettera o) art.1 comma 1 DPR 412/93: "terzo responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico": persona fisica o giuridica in possesso dei requisiti richiesti dalle normative vigenti di idonea capacità tecnica, economica ed organizzativa delegato dal proprietario ad assumere la responsabilità dell'esercizio, della manutenzione e dell'adozione delle misure necessarie al contenimento dei consumi energetici.

(b) lettera p) art.1 comma 1 DPR 412/93: "Contratto Servizio Energia": Atto contrattuale che disciplina l'erogazione dei beni e servizi necessari a mantenere le condizioni di comfort negli edifici nel rispetto delle vigenti leggi in materia di uso razionale dell'energia, di sicurezza e di salvaguardia dell'ambiente, provvedendo nel contempo al miglioramento del processo di trasformazione e di utilizzo dell'energia.

Fornitura energia più servizi assicurati dal fornitore: conduzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, riqualificazione tecnologica, supporto legale, audit energetico ecc)

2. Nel caso di unità immobiliari dotate di impianti termici individuali la figura dell'occupante, a qualsiasi titolo, dell'unità immobiliare stessa subentra, per la durata dell'occupazione, alla figura del proprietario, nell'onere di adempiere agli obblighi previsti dal presente regolamento e nelle connesse responsabilità limitatamente all'esercizio, alla manutenzione dell'impianto termico ed alle verifiche periodiche di cui al comma 12.

3. Nel caso di impianti termici con potenza nominale al focolare superiore a 350 kW, ferma restando la normativa vigente in materia di appalti pubblici, il possesso dei requisiti richiesti al "terzo responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico e' dimostrato mediante

- l'iscrizione ad albi nazionali tenuti dalla pubblica amministrazione e pertinenti per categoria quali, ad esempio, l'albo nazionale dei costruttori - categoria gestione e manutenzione degli impianti termici di ventilazione e condizionamento,
- oppure mediante l'iscrizione ad elenchi equivalenti dell'Unione europea,
- oppure mediante certificazione del soggetto, ai sensi delle norme UNI EN ISO della serie 9.000, per l'attività di gestione e manutenzione degli impianti termici, da parte di un organismo accreditato e riconosciuto a livello italiano o europeo.

In ogni caso il terzo responsabile o il responsabile tecnico preposto deve possedere conoscenze tecniche adeguate alla complessità dell'impianto o degli impianti a lui affidati.

4. Le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione dell'impianto termico devono essere eseguite conformemente alle istruzioni tecniche per la regolazione, l'uso e la manutenzione elaborate dal costruttore dell'impianto. Qualora non siano disponibili le istruzioni del costruttore, le operazioni di controllo ed eventuale manutenzione degli apparecchi e dei dispositivi facenti parte dell'impianto termico devono essere eseguite conformemente alle istruzioni tecniche elaborate dal fabbricante ai sensi della normativa vigente, mentre le operazioni di controllo e manutenzione delle restanti parti dell'impianto termico e degli apparecchi e dispositivi per i quali non siano disponibili le istruzioni del fabbricante relative allo specifico modello, devono essere eseguite secondo le prescrizioni e con la periodicità prevista dalle vigenti normative UNI e CEI per lo specifico elemento o tipo di apparecchio o dispositivo.

In mancanza di tali specifiche indicazioni, i controlli di cui all'allegato H devono essere effettuati almeno una volta l'anno, fermo restando quanto stabilito ai commi 12 e 13.
4-bis. Al termine delle operazioni di controllo e manutenzione dell'impianto, l'operatore ha l'obbligo di redigere e sottoscrivere un rapporto da rilasciare al responsabile dell'impianto, che deve sottoscriverne copia per ricevuta. L'originale del rapporto sarà da questi conservato ed allegato al libretto di cui al comma 9. Nel caso di impianti di riscaldamento unifamiliari, di potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW, il rapporto di controllo e manutenzione dovrà essere redatto e sottoscritto conformemente al modello di cui all'allegato H al presente decreto. Tale modello potrà essere modificato ed aggiornato, anche in relazione al progresso della tecnica ed all'evoluzione della normativa nazionale o comunitaria, dal Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato, con proprio decreto o mediante approvazione di specifiche norme tecniche UNI. Con la medesima procedura potranno essere adottati modelli standard per altre tipologie di impianto.
5. Il nominativo del responsabile dell'esercizio e della manutenzione degli impianti termici deve essere riportato in evidenza sul "libretto di centrale" o sul "libretto di impianto" prescritto dal comma 9.
6. Il terzo eventualmente nominato responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico comunica entro sessanta giorni la propria nomina all'ente locale competente per i controlli previsti al comma 3 dell'articolo 31 della legge 9 gennaio 1991, n. 10. Al medesimo ente il terzo responsabile comunica immediatamente eventuali revoche o dimissioni dall'incarico, nonché eventuali variazioni sia di consistenza che di titolarità dell'impianto.
7. Il responsabile dell'esercizio e della manutenzione degli impianti termici è tra l'altro tenuto:
- al rispetto del periodo annuale di esercizio;
- all'osservanza dell'orario prescelto, nei limiti della durata giornaliera di attivazione consentita dall'art. 9;
- al mantenimento della temperatura ambiente entro i limiti consentiti dalle disposizioni di cui all'art. 4.
8. Il responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto, ove non possieda i requisiti necessari o non intenda provvedere direttamente, affida le operazioni di cui al comma 4 a soggetti abilitati alla manutenzione straordinaria degli impianti di cui alla lettera c) dell'articolo 1, comma 1, della legge 5 marzo 1990, n. 46 [(a)]. Nel caso di impianti termici a gas il soggetto deve essere abilitato anche per gli impianti di cui all'articolo 1, comma 1, lettera e) della medesima legge 5 marzo 1990, n. 46. Nel caso di impianti termici unifamiliari con potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW, la figura del responsabile dell'esercizio e della manutenzione si identifica con l'occupante che può, con le modalità di cui al comma 1, delegarne i compiti al soggetto cui e' affidata con continuità la manutenzione dell'impianto, che assume pertanto il ruolo di terzo responsabile, fermo restando che l'occupante stesso mantiene in maniera esclusiva le responsabilità di cui al comma 7.
Al termine dell'occupazione e' fatto obbligo all'occupante di consegnare al proprietario o al subentrante il "libretto di impianto" prescritto al comma 9, debitamente aggiornato, con gli eventuali allegati.

NOTE:

(a) Comma 1 art. 1 della 46/90: Sono soggetti all'applicazione della presente legge, tra gli altri, i seguenti impianti relativi agli edifici adibiti ad uso civile:

A) gli impianti di produzione, di trasporto, di distribuzione e di utilizzazione dell'energia elettrica all'interno degli edifici a partire dal punto di consegna dell'energia fornita dall'ente distributore;

B) gli impianti radiotelevisivi ed elettronici in genere, le antenne e gli impianti di protezione da scariche atmosferiche;

C) gli impianti di riscaldamento e di climatizzazione azionati da fluido liquido, aeriforme, gassoso e di qualsiasi natura o specie;

D) gli impianti idrosanitari nonché quelli di trasporto, di trattamento, di uso, di accumulo e di consumo di acqua all'interno degli edifici a partire dal punto di consegna dell'acqua fornita dall'ente distributore;

E) gli impianti per il trasporto e l'utilizzazione di gas allo stato liquido o aeriforme all'interno degli edifici a partire dal punto di consegna del combustibile gassoso fornito dall'ente distributore;

9. Gli impianti termici con potenza nominale superiore o uguale a 35 kW devono essere muniti di un "libretto di centrale" conforme all'allegato F al presente regolamento; gli impianti termici

con potenza nominale inferiore a 35 kW devono essere muniti di un "libretto di impianto" conforme all'allegato G al presente regolamento.
10. I modelli dei libretti di centrale e dei libretti d'impianto di cui al comma 9 possono essere aggiornati dal Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato con proprio decreto.
11. La compilazione iniziale del libretto nel caso di impianti termici di nuova installazione sottoposti a ristrutturazione, e per impianti termici individuali anche in caso di sostituzione dei generatori di calore, deve essere effettuata all'atto della prima messa in servizio, previo rilevamento dei parametri di combustione, dalla ditta installatrice che, avendo completato i lavori di realizzazione dell'impianto termico, e' in grado di verificarne la sicurezza e funzionalità nel suo complesso, ed e' tenuta a rilasciare la dichiarazione di conformità di cui all'articolo 9 della legge 5 marzo 1990, n. 46, comprensiva, se del caso, dei riferimenti di cui alla nota 7 del modello di dichiarazione allegato al decreto del Ministro dell'industria [a], del commercio e dell'artigianato 20 febbraio 1992, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 49 del 28 febbraio 1992. Copia della scheda identificativa dell'impianto contenuta nel libretto, firmata dal responsabile dell'esercizio e della manutenzione, dovrà essere inviata all'ente competente per i controlli di cui al comma 18. La compilazione iniziale del libretto, previo rilevamento dei parametri di combustione, per impianti esistenti all'atto dell'entrata in vigore del presente regolamento nonché la compilazione per le verifiche periodiche previste dal presente regolamento e' effettuata dal responsabile dell'esercizio e della manutenzione dell'impianto termico. Il libretto di centrale ed il libretto di impianto devono essere conservati presso l'edificio o l'unita' immobiliare in cui e' collocato l'impianto termico. In caso di nomina del terzo responsabile e successiva rescissione contrattuale, il terzo responsabile e' tenuto a consegnare al proprietario o all'eventuale terzo responsabile subentrante l'originale del libretto, ed eventuali allegati, il tutto debitamente aggiornato.

NOTE:

L'impresa installatrice è tenuta a rilasciare istruzioni per la manutenzione dell'impianto realizzato, dichiarazione di conformità, la relazione contenente la tipologia dei materiali impiegati e, ove previsto, il progetto di cui all'articolo 6 L 46/90.

(a) Nota 7 del modello di dichiarazione allegato al decreto del MICA 20 febbraio 1992: Riferimenti a dichiarazione di conformità precedenti o parziali, già esistenti, costituiti dal nome dell'impresa esecutrice e dalla data di dichiarazione (non richiesti per impianti realizzati prima dell'entrata in vigore della legge). Nel caso che parte dell'impianto sia predisposto da altra impresa (ad esempio ventilazione e scarico fumi negli impianti a gas), la dichiarazione deve riportare gli analoghi riferimenti per dette parti.

12. Gli elementi da sottoporre a verifica periodica sono quelli riportati sul "libretto di centrale" o sul "libretto di impianto" di cui al comma 9.
Le suddette verifiche vanno effettuate almeno una volta l'anno, normalmente all'inizio del periodo di riscaldamento, per i generatori di calore con potenza nominale superiore o uguale a 35 kW e almeno con periodicità biennale per i generatori di calore con potenza nominale inferiore, ferma restando la periodicità almeno annuale delle operazioni di manutenzione prescritte al comma 4.
13. Per le centrali termiche dotate di generatore di calore o di generatori di calore con potenza termica nominale complessiva maggiore o uguale a 350 kW è inoltre prescritta una seconda determinazione del solo rendimento di combustione da effettuare normalmente alla metà del periodo di riscaldamento.
14. Il rendimento di combustione, rilevato nel corso delle verifiche di cui ai commi 12 e 13, misurato alla massima potenza termica effettiva del focolare nelle condizioni di normale funzionamento, in conformità alle vigenti norme tecniche UNI, deve risultare:
a) per i generatori di calore ad acqua calda installati antecedentemente al 29 ottobre 1993, non inferiore di tre punti percentuali rispetto al valore minimo del rendimento termico utile alla potenza nominale previsto ai sensi dell'articolo 6 per caldaie standard della medesima potenza;
b) per i generatori di calore ad acqua calda installati a partire dal 29 ottobre 1993, non inferiore al valore minimo del rendimento termico utile alla potenza nominale previsto ai sensi dell'articolo 6 del presente decreto per caldaie standard della medesima potenza;
c) per generatori di calore ad aria calda installati antecedentemente al 29 ottobre 1993, non inferiore a sei punti percentuali rispetto al valore minimo del rendimento di combustione alla potenza nominale indicato all'allegato E;

d) per generatori di calore ad aria calda installati a partire dal 29 ottobre 1993, non inferiore a tre punti percentuali rispetto al valore minimo del rendimento di combustione alla potenza nominale indicato all'allegato E.

15. Qualora i generatori di calore installati antecedentemente alla data di entrata in vigore del presente regolamento non possano essere ricondotti mediante operazioni di manutenzione ai valori di rendimento di combustione indicati alle lettere a) e c) del comma 14 è prescritta la loro sostituzione entro i termini appresso indicati:

Potenza Nominale / Termini
- 350 kW e oltre / entro il 30 settembre 1994
- inferiore a 350 kW per zone climatiche E, F / entro il 30 settembre 1995
- inferiore a 350 kW per le restanti zone climatiche / entro il 30 settembre 1996

I generatori di calore installati successivamente alla data di entrata in vigore del presente regolamento per i quali, durante le operazioni di verifica in esercizio, siano stati rilevati rendimenti di combustione inferiori a quelli indicati alle lettere b) e d) del comma 14, non riconducibili a tali valori mediante operazioni di manutenzione, devono essere sostituiti entro 300 giorni solari a partire dalla data della verifica.

16. I generatori di calore per i quali, durante le operazioni di verifica in esercizio, siano stati rilevati rendimenti di combustione inferiori a quelli indicati alle lettere b) e d) del comma 14, sono comunque esclusi dalla conduzione in esercizio continuo prevista alle lettere e), f), g) ed h) del comma 6 dell'art. 9.

17. Gli impianti termici che provvedono alla climatizzazione invernale degli ambienti in tutto o in parte mediante l'adozione di macchine e sistemi diversi dai generatori di calore, macchine e sistemi quali ad esempio le pompe di calore, le centrali di cogenerazione al servizio degli edifici, gli scambiatori di calore al servizio delle utenze degli impianti di teleriscaldamento, gli impianti di climatizzazione invernale mediante sistemi solari attivi, devono essere muniti di "libretto di centrale" predisposto, secondo la specificità del caso, dall'installatore dell'impianto ovvero, per gli impianti esistenti, dal responsabile dell'esercizio e della manutenzione; detto libretto dovrà contenere oltre alla descrizione dell'impianto stesso, l'elenco degli elementi da sottoporre a verifica, i limiti di accettabilità di detti elementi in conformità alle leggi vigenti, la periodicità prevista per le verifiche; un apposito spazio dovrà inoltre essere riservato all'annotazione degli interventi di manutenzione straordinaria. Per la parte relativa ad eventuali generatori di calore il libretto di centrale si atterrà alle relative disposizioni già previste nel presente regolamento.

18. Ai sensi dell'art. 31, comma 3 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, i comuni con più di quarantamila abitanti e le province per la restante parte del territorio, in un quadro di azioni che vedano l'Ente locale promuovere la tutela degli interessi degli utenti e dei consumatori, ivi comprese informazione, sensibilizzazione ed assistenza all'utenza, effettuano, con cadenza almeno biennale e con onere a carico degli utenti ed anche avvalendosi di organismi esterni aventi specifica competenza tecnica, i controlli necessari ad accertare l'effettivo stato di manutenzione e di esercizio dell'impianto termico. I risultati dei controlli eseguiti sugli impianti termici devono essere allegati al libretto di centrale o al libretto di impianto di cui al comma 9, annotando i riferimenti negli spazi appositamente previsti. Entro il 31 dicembre 2000 gli enti di cui sopra inviano alla regione di appartenenza, e per conoscenza al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato, una relazione sulle caratteristiche e sullo stato di efficienza e manutenzione degli impianti termici nel territorio di propria competenza, con particolare riferimento alle risultanze dei controlli effettuati nell'ultimo biennio. La relazione sarà aggiornata con frequenza biennale.

19. In caso di affidamento ad organismi esterni dei controlli di cui al comma 18, i comuni e le province competenti dovranno stipulare con detti organismi apposite convenzioni, previo accertamento che gli stessi soddisfino, con riferimento alla specifica attività prevista, i requisiti minimi di cui all'allegato I al presente decreto. L'ENEA, nell'ambito dell'accordo di programma con il Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di cui all'articolo 3 della legge 9 gennaio 1991, n. 10, o su specifica commessa, fornisce agli enti locali che ne facciano richiesta assistenza per l'accertamento dell'idoneità tecnica dei predetti organismi.

20. Limitatamente agli impianti di potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW, gli enti di cui al comma 18 possono, nell'ambito della propria autonomia, con provvedimento reso noto

alle popolazioni interessate, al Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato e all'ENEA, stabilire che i controlli si intendano effettuati nei casi in cui i manutentori degli impianti termici o i terzi responsabili dell'esercizio e manutenzione o i proprietari degli stessi trasmettano, con le modalità ed entro i termini stabiliti dal provvedimento medesimo, apposita dichiarazione, redatta secondo il modello di cui all'allegato H, con timbro e firma del terzo responsabile o dell'operatore, nel caso la prima figura non esista per l'impianto specifico, e con connessa assunzione di responsabilità, attestante il rispetto delle norme del presente regolamento, con particolare riferimento ai risultati dell'ultima delle verifiche periodiche di cui al comma 12. Gli enti di cui al comma 18 possono altresì stabilire, per manutentori e terzi responsabili, l'obbligo di consegna periodica delle dichiarazioni di cui sopra su supporto informatico standardizzato. Gli enti, qualora ricorrano alla forma di verifica prevista al presente comma, devono comunque effettuare annualmente controlli tecnici a campione su almeno il 5% degli impianti di potenza nominale del focolare inferiore a 35 kW esistenti sul territorio, scegliendoli tra quelli per i quali sia pervenuta nell'ultimo biennio la dichiarazione di avvenuta manutenzione, ai fini del riscontro della veridicità della dichiarazione stessa, provvedendo altresì ad effettuare, nei termini previsti dall'articolo 31, comma 3, della legge 9 gennaio 1991, n.10, i controlli su tutti gli impianti termici per i quali la dichiarazione di cui sopra risulti omessa o si evidenzino comunque situazioni di non conformità alle norme vigenti. Gli enti locali, al fine di massimizzare l'efficacia della propria azione, possono programmare i predetti controlli a campione dando priorità agli impianti più vecchi o per i quali si abbia comunque una indicazione di maggiore criticità, avendo peraltro cura di predisporre il campione in modo da evitare distorsioni di mercato. In conformità al principio stabilito dal comma 3, articolo 31, della legge 9 gennaio 1991, n. 10, gli oneri per la effettuazione dei controlli a campione sono posti a carico di tutti gli utenti che presentino detta dichiarazione, con opportune procedure definite da ciascun ente locale nell'ambito della propria autonomia.

Art. 12.
(Entrata in vigore)
1. Il presente regolamento, salvo quanto disposto al comma 2, entra in vigore il quindicesimo giorno successivo a quello della sua pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana.
2. Le disposizioni di cui agli articoli 5, 7, 8 e 11 hanno effetto dal novantesimo giorno successivo a quello della pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica italiana del decreto del Ministro dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato di recepimento delle normative UNI previste dall'articolo 5, comma 2, dall'articolo 8, comma 3, dall'articolo 11, comma 14, e dall'allegato B e, in ogni caso, a decorrere dal 1° agosto 1994.

INTEGRAZIONI DEL DPR 551/99 (inclusi gli allegato H e I)
(I SEGUENTI ARTICOLI NON SONO COMPRESI NEL DPR 412/93)
Art. 16
Competenza delle regioni
1. Le disposizioni di cui ai commi 18, 19 e 20 dell'articolo 11 del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, si applicano fino all'adozione dei provvedimenti di competenza delle regioni, ai sensi dell'articolo 30, comma 5, del decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112. Nell'ambito delle funzioni di coordinamento ed assistenza agli enti locali ivi previste, le regioni promuovono altresì, nel rispetto delle rispettive competenze, l'adozione di strumenti di raccordo che consentano la collaborazione e l'azione coordinata tra i diversi enti ed organi preposti, per i diversi aspetti, alla vigilanza sugli impianti termici.

Art. 17
Istituzione o completamento del catasto degli impianti termici
1. Al fine di costituire il catasto degli impianti o di completare quello già esistente all'atto della data di entrata in vigore del presente decreto, gli Enti locali competenti possono richiedere alle società distributrici di combustibile per il funzionamento degli impianti di cui al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, che sono tenute a provvedere entro 90 giorni, di comunicare l'ubicazione e la titolarità degli impianti da esse riforniti nel corso degli ultimi dodici mesi; i comuni trasmettono i suddetti dati alla provincia ed alla regione, anche in via informatica [(a)].

NOTE:

(a) Comma 5 art. 30 decreto legislativo 31 marzo 1998 n. 112: Le regioni svolgono funzioni di coordinamento dei compiti attribuiti agli enti locali per l'attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nonché compiti di assistenza agli stessi per le attività di informazione al pubblico e di formazione degli operatori pubblici e privati nel campo della progettazione, installazione, esercizio e controllo degli impianti termici. Le regioni riferiscono annualmente alla Conferenza unificata sullo stato di attuazione del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, nei rispettivi territori.

Art. 18
Allegati
1. Al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, dopo l'allegato G, sono inseriti gli allegati H ed I al presente decreto. Il punto 1 dell'allegato E del decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, e' soppresso.

Art. 19
Norma transitoria
Le attività di verifica ai sensi dell'articolo 31, comma 3, della legge 9 gennaio 1991, n. 10, avviate prima della data di entrata in vigore del presente decreto conservano la loro validità e possono essere portate a compimento secondo la normativa preesistente.

- ALLEGATO I
REQUISITI MINIMI DEGLI ORGANISMI ESTERNI INCARICATI DELLE VERIFICHE
1. L'organismo, il personale direttivo ed il personale incaricato di eseguire le operazioni di verifica non possono essere ne' il progettista, il fabbricante, il fornitore o l'installatore delle caldaie e degli apparecchi che controllano, ne' il mandatario di una di queste persone. Essi non possono intervenire ne' direttamente ne' in veste di mandatari nella progettazione, fabbricazione, commercializzazione o manutenzione di caldaie ed apparecchi per impianti di riscaldamento.
2. L'organismo, il personale direttivo ed il personale incaricato di eseguire le operazioni di verifica non possono essere fornitori di energia per impianti di riscaldamento, ne' il mandatario di una di queste persone.
3. L'organismo ed il personale incaricato devono eseguire le operazioni di verifica con la massima integrità professionale e competenza tecnica e non devono essere condizionati da pressioni ed incentivi, soprattutto di ordine finanziario, che possano influenzare il giudizio o i risultati del controllo, in particolare se provenienti da persone o gruppi di persone interessati ai risultati delle verifiche.
4. L'organismo deve disporre del personale e dei mezzi necessari per assolvere adeguatamente ai compiti tecnici ed amministrativi connessi con l'esecuzione delle verifiche; deve altresì avere a disposizione il materiale necessario per le verifiche straordinarie.
5. Il personale incaricato deve possedere i requisiti seguenti:
a) una buona formazione tecnica e professionale, almeno equivalente a quella necessaria per l'installazione e manutenzione delle tipologie di impianti da sottoporre a verifica;
b) una conoscenza soddisfacente delle norme relative ai controlli da effettuare ed una pratica

sufficiente di tali controlli;
c) la competenza richiesta per redigere gli attestati, i verbali e le relazioni che costituiscono la prova materiale dei controlli effettuati.
6. Deve essere garantita l'indipendenza del personale incaricato delle verifiche. La remunerazione di ciascun agente non deve dipendere ne' dal numero delle verifiche effettuate ne' dai risultati di tali verifiche.
7. L'organismo deve sottoscrivere un'assicurazione di responsabilità civile, a meno che tale responsabilità non sia coperta dallo Stato in base alla legislazione vigente o si tratti di un organismo un organismo pubblico.
8. Il personale dell'organismo e' vincolato dal segreto professionale.

ALLEGATO H
RAPPORTO DI CONTROLLO TECNICO dell'impianto installato nell'immobile sito in:
Via………………………………. n°…… piano ……., interno………….. di proprietà di (nome, cognome o ragione sociale e indirizzo) .... Occupante (nome, cognome o ragione sociale)……………………………………..
Dati di targa dell'apparecchio: Caldaia ………………… Costruttore……………………………. Modello …………………..
Matr……… Anno………Pot. Nominale (kW)……… Tipo B • C • tiraggio naturale • forzato • Combustibile: Gas di rete • GPL • Gasolio • Kerosene • Altri..………..…
DATA DI INSTALLAZIONE…………………………………… DATA DEL CONTROLLO………………………………..

I. DOCUMENTAZIONE DI IMPIANTO: SI NO NC Dispositivo rompitiraggio – antivento privo: **SI NO NC**
Dichiarazione di conformità dell'impianto • • • di evidenti tracce di deterioramento,
Libretto d'impianto • • • ossidazione e/o corrosione • • •
Libretto d'uso e manutenzione • • • Scambiatore lato fumi pulito • • •
Accensione e funzionamento regolari • • •
2.ESAME VISIVO DEL LOCALE D'INSTALLAZIONE Dispositivi di comando e regolazione
Idoneità del locale d'installazione • • • **ES** funzionanti correttamente • • •
Adeguate dimensioni aperture ventilazione • • • Assenza di perdite e ossidazioni dai/sui
Aperture di ventilazione libere da costruzioni • • • raccordi • • •
3.ESAME VISIVO DEI CANALI DA FUMO Valvola di sicurezza contro la
Pendenza corretta • • • sovrapressione a scarico libero • • •
Sezioni corrette • • • Vaso di espansione carico • • •
Curve corrette • • • Dispositivi di sicurezza non manomessi
Lunghezza corretta • • • e/o cortocircuitati • • •
Buono stato di conservazione • • • Organi soggetti a sollecitazioni termiche
4.CONTROLLO EVACUAZIONE DEI PRODOTTI integri e senza segni di usura e/o
DELLA COMBUSTIONE deformazione • • •
L'apparecchio scarica in camino singolo o Circuito aria pulito e libero da qualsiasi
canna fumaria collettiva ramificata • • • impedimento • • •
L'apparecchio scarica a parete • • • Guarnizione di accoppiamento al
Per apparecchio a tiraggio naturale: non generatore integra • • •
esistono riflussi dei fumi nei locali • •
• **6. CONTROLLO DELL'IMPIANTO P N NA**
Per apparecchi a tiraggio forzato: assenza P=positivo N= negativo NA=non applicabile
di perdite dei condotti di scarico • • • Controllo assenza fughe di gas • • •
5.CONTROLLO DELL'APPARECCHIO Verifica visiva coibentazioni • • •
Ugelli del bruciatore principale e del Verifica efficienza evacuazione fumi • • •
bruciatore pilota (se esiste) puliti • • •

7.CONTROLLO DEL RENDIMENTO DI COMBUSTIONE Effettuato • Non effettuato •

TempFumi (°C) Temp. amb(°C) 02 (%) CO2 *(%)* Bacharach) (N°) CO(%) Ren.to Combustione e Pot.Nominale (%)

8.OSSERVAZIONI……
………
………
9. RACCOMANDAZIONI……
………
………
10. PRESCRIZIONI (L'impianto può funzionare solo dopo l'esecuzione di quanto prescritto)
………
………

In mancanza di prescrizioni esplicite, il tecnico dichiara che l'apparecchio può essere messo in servizio ed usato normalmente senza compromettere la sicurezza delle persone, degli animali domestici e dei beni . Il tecnico declina altresì ogni responsabilità per sinistri a persone, animali o cose derivanti da manomissione dell’impianto o dell'apparecchio da parte di terzi ovvero da carenze di manutenzione successiva.

IL RAPPORTO DI CONTROLLO DEVE ESSERE COMIPILATO DALL’ OPERATORE INCARICATO E CONSEGNATO IN COPIA AL RESPONSABILE DELL'IMPIANTO, CHE NE DEVE CONFERMARE RICEVUTA PER PRESA VISIONE.

IL TECNICO CHE HA EFFETTUATO IL CONTROLLO

Nome e Cognome……………………………………………………………

Ragione sociale………………………………………………… Indirizzo - Telefono………………………………………………………
Estremi del documento di qualifica…………………………………………………

Timbro e firma Firma per presa visione
del manutentore…………………………………… del responsabile
dell'impianto…………………………………………………………….